



Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén.

(Código FIA PYT-2015-0328)

INFORME FINAL TÉCNICO Y DE DIFUSIÓN

OFICINA DE PARTES 1 FIA RECEPCIONADO	
Fecha	6/12/2017
Hora	16:00
Nº Ingreso	44822

Coyhaique, diciembre de 2017



Fundación para la
Innovación Agraria

INFORME TECNICO FINAL

Nombre del proyecto	Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén.
Código del proyecto	PYT-2015-0328
Nº de informe	Nº 4 (Final)
Período informado	desde el 25/09/15 hasta el 10/11/17
Fecha de entrega	7 Diciembre 2017



RESUMEN EJECUTIVO

En los sistemas de pastoreo, un aspecto central en el manejo lo constituye la disponibilidad de forraje para los animales. El conocimiento de la disponibilidad permite ajustar los sistemas y establecer los criterios de manejo en cada caso.

La disponibilidad de materia seca en praderas puede medirse directamente o bien estimarse a través de diferentes metodologías. Algunas de ellas, de desarrollo más reciente, involucran el uso de instrumentos que permiten estimar la disponibilidad de forraje a través de variables como la altura y la densidad de la pradera. Estos instrumentos ya se encuentran en uso en otras zonas del país, pero su aplicación en las condiciones de las praderas de Aysén requería de una calibración adecuada.

Para ello, se desarrolló el proyecto denominado “*Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén*”, el que fue financiado por el Gobierno Regional de Aysén, a través de la Fundación para la Innovación Agropecuaria (FIA).

Este proyecto abarcó dos temporadas de crecimiento, 2015-16 y 2016-17 y tuvo como objetivo la generación de una herramienta y metodología de trabajo que permitiera una fácil y rápida estimación del rendimiento de praderas predominantes en dos zonas agroclimáticas de la región de Aysén.

De esta forma, se logró obtener curvas de calibración para cada tipo de pradera y zona agroclimática, además de cada estación de crecimiento. Junto a ello se construyó una regla de aplicación rápida, que permite en base a la altura de la pradera, estimar la disponibilidad de materia seca de la pradera. También se consideró la capacitación de técnicos, profesionales y productores en el uso de estas nuevas tecnologías adaptadas a las condiciones regionales.

1. CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente proyecto tuvo como objetivo general el “generar una herramienta y metodología de trabajo que permita una fácil y rápida estimación del rendimiento de praderas predominantes en dos zonas agroclimáticas de la región de Aysén”. Lo anterior se materializó a través de los siguientes objetivos específicos:

- a) *Elaborar una regla para la estimación de la disponibilidad de forraje en diferentes tipos de praderas y estaciones del año:* Como resultado, en base a la información colectada en las diferentes praderas, zonas y estaciones del año, se construyó una regla para la estimación de la disponibilidad de materia seca de la pradera, la que está disponible.
- b) *Generar curvas de calibración para el uso de equipos medidores de disponibilidad de materia seca: Plato Medidor de Forraje (plate meter) y Bastón Electrónico GrassMaster:* Uno de los resultados más relevantes del proyecto fue la elaboración de las curvas de calibración para los instrumentos mencionados. En cada caso, existen curvas de regresión que permiten el cálculo de disponibilidad en base a las medidas indirectas de los instrumentos.
- c) *Elaborar una guía metodológica con criterios para aplicar los instrumentos de medición:* Se elaboró la guía metodológica para la aplicación de los instrumentos, en la forma de un manual o boletín con toda la información y una cartilla de terreno para uso práctico.
- d) *Capacitar a profesionales, técnicos y productores en el uso de la tecnología generada:* Se realizaron dos talleres de capacitación a técnicos y profesionales, además de varios eventos teórico-prácticos enfocados a productores y técnicos para la aplicación de la tecnología generada.

A través de la consecución de los objetivos anteriores se tiene en la actualidad herramientas de uso práctico para su aplicación en sistemas ganaderos intensivos en condiciones de pastoreo en la Región de Aysén. Esta tecnología permite un rápido cálculo estimativo de la disponibilidad de forraje instantánea y de esa forma apoyar la toma de decisiones a nivel predial. También puede ser usado en ejercicios de balance forrajero predial.

2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL PROYECTO

Para lograr los objetivos planteados, fue necesario aplicar una metodología que permitiera comparar las lecturas de los diferentes instrumentos de medición, con la cantidad real de materia seca por unidad de superficie existente en dicho punto. Para ello, se debió coleccionar una gran cantidad de muestras (puntos de muestreo) en cada una de las praderas definidas.

Las praderas utilizadas en el proyecto fueron:

- a. Pradera naturalizada fertilizada de la Zona Intermedia de Aysén.
- b. Pradera mixta gramínea-leguminosas de la Zona Intermedia.
- c. Pradera naturalizada fertilizada de la Zona Húmeda
- d. Pradera mixta gramínea-leguminosa de la Zona Húmeda.

Los instrumentos que se utilizaron para las calibraciones fueron los siguientes:

Medidor de altura no disturbada (sward-stick)

Este instrumento fue desarrollado inicialmente en Escocia, y luego perfeccionado en Nueva Zelanda y adaptado a las condiciones de praderas de ese país. El instrumento es muy simple y consiste en un bastón graduado con una lengüeta móvil transparente en la parte inferior. Esta lengüeta se baja hasta que entra en contacto con la primera hoja de la pradera. Esa es la altura *no disturbada*. Estas alturas se miden en centímetros (con precisión de 0,5 cm). El total de centímetros, dividido por la cantidad de puntos de muestreo entrega la altura no disturbada de la pradera.



Medición de la altura sin disturbar en una pradera. La lengüeta se baja hasta que toque la primera hoja.



Fundación para la
Innovación Agraria

Este instrumento es muy simple y permite monitorear rápidamente la disponibilidad de forraje en praderas a pastoreo. Es menos preciso que otros métodos, ya que sólo considera la altura de la pradera y no su densidad.

Plato de medición de altura comprimida (rising plate meter)

Este es otro método para el cual se desarrolló un instrumento en Nueva Zelanda, que consiste en un bastón o vástago central que soporta un plato de aluminio de $0,1 \text{ m}^2$, el cual se desliza hacia arriba y abajo. Al apoyar el bastón verticalmente sobre el suelo, el plato desciende y se apoya sobre la vegetación (pradera) y la comprime con su peso. De esta forma se obtiene la lectura de altura comprimida, la cual es computada en un registro que va acumulando lecturas de cada punto. Estas lecturas corresponden a unidad de medida de “medios centímetros”, ya que la escala está dividida en unidades de 0,5 cm.



Plato para medir altura comprimida



Este instrumento considera tanto la altura como la densidad de la pradera, ya que praderas más densas ofrecen más resistencia al plato que aquellas de baja densidad. Asimismo, praderas más lignificadas ofrecen más resistencia. Este instrumento está diseñado para ser usado preferentemente en praderas en estado vegetativo y en condiciones de pastoreo.

Medidor de capacitancia eléctrica

Este instrumento es de un nivel de complejidad mayor y también tiene un costo superior, pero resulta muy práctico para realizar las mediciones de disponibilidad de forraje, directamente en kilogramos de materia seca por hectárea.

Se basa en la medición de cambios que ocurren en la capacitancia externa utilizando un circuito eléctrico dentro de un tubo o bastón. En la medida que haya más pasto cerca del tubo, la capacitancia es alterada en mayor proporción. Estos datos son procesados internamente y transformados a disponibilidad de forraje.

Consta de un tubo o bastón que se apoya verticalmente en cada punto, y de un microprocesador en la parte superior, donde se procesa la información y tiene un visor para lectura de la información. Este instrumento también corrige internamente los efectos que pueden ocurrir por diferentes contenidos de materia seca de la pradera, humedad externa del forraje, morfología de la pradera (hojas o tallos), temperatura, humedad relativa del aire y humedad del suelo.

Cada lectura genera un valor de CMR (corrected meter Reading o COUNT) el que mediante una ecuación de regresión se transforma a disponibilidad en kg de materia seca por hectárea.



Fundación para la
Innovación Agraria



Equipo de medición de praderas mediante capacitancia eléctrica.



Microprocesador del equipo medidor de disponibilidad de forraje por capacitancia. Permite lectura directa de la disponibilidad de forraje.

El procedimiento de muestreo en cada uno de los sitios implica los siguientes pasos:

- a) En el sitio se procede a tomar muestras en diferentes puntos y con distinta disponibilidad, de modo de representar diferentes disponibilidades.
- b) En cada punto de muestreo se procede a situar un marco circular (superficie de $0,1 \text{ m}^2$) sin disturbar la pradera.
- c) En dicho punto se toman cinco medidas de altura no disturbada mediante (*sward stick*).
- d) En el mismo punto se toman cinco mediciones con el equipo de capacitancia (*Grassmaster*).
- e) Luego se mide la altura comprimida mediante el uso del plato de medición de praderas (*rising plate meter*).
- f) Finalmente se corta toda la biomasa del marco mediante tijeras eléctricas a ras de suelo.
- g) El forraje cosechado se coloca en bolsas rotuladas y se mantiene temporalmente en una caja refrigerada (*cooler*).
- h) Las muestras se pesan en balanza electrónica (peso fresco).
- i) Las muestras se secan en laboratorio a 60°C por 48 horas o hasta peso constante.
- j) Se determina el porcentaje de materia seca.

Toda esta información se debe registrar ordenadamente en planillas y luego se construyen planillas electrónicas para manejar los datos.

En cada fecha de muestreo se toman en paralelo muestras para determinar la composición botánica de la pradera y otras para determinaciones bromatológicas de valor nutritivo. Se realiza trabajo de separación manual en laboratorio para definir composición botánica y participación relativa de las diferentes especies y grupos botánicos en la pradera.

Existen tres períodos de medición de praderas:

- a) “Primavera” (noviembre a diciembre)
- b) “Verano” (enero a febrero)
- c) “Otoño” (marzo a abril”.

Estas temporadas se replicaron durante dos años, para lograr una mejor representatividad de los datos. Ello ha probado ser muy adecuado, ya que en la primavera-verano 2015-2016 se tuvo un fenómeno extremo de sequía (probablemente la sequía más intensa de los últimos 50 años). Estas condiciones extremas de déficit hídrico tienen un efecto adverso sobre el crecimiento vegetal y las plantas se desvían de su comportamiento normal.

De esta forma, se tuvo cuatro tipos de praderas, dos zonas agroclimáticas (intermedia y húmeda) y tres estaciones. Se generaron así ecuaciones para diferentes praderas y sus condiciones particulares.



Corte de muestra de forraje en marco circular de 0,1 m² mediante tijeras eléctricas.



El forraje cosechado desde el marco se pesa y seca para determinar disponibilidad.

La metodología para la calibración de los instrumentos de medición incluyó una gran cantidad de muestras tomadas en los cuatro tipos de praderas, en tres estaciones diferentes (primavera, verano y otoño) en dos temporadas de crecimiento (2015/16 y 2016/17). En cada pradera se tomaron cerca de 600 muestras en total por cada estación. En total, se midieron alrededor de 7.500 puntos en los dos años.



Equipo de muestreo: tijeras eléctricas, grupo electrógeno, marco de muestreo, instrumentos de medición (plato y capacitómetro).

La metodología descrita fue aplicada en ambas temporadas de crecimiento de praderas. No se detectaron mayores problemas metodológicos, ya que se seleccionaron praderas tipo, manejadas bajo condiciones de pastoreo.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron una serie de actividades ligadas a los protocolos metodológicos. Las actividades más relevantes fueron:

- a) Adquisición de instrumentos de medición: se cotizaron y adquirieron los diferentes instrumentos e implementos necesarios para las evaluaciones de las praderas.
- b) Coordinación de equipo de trabajo: se realizaron reuniones periódicas para dar inicio al proyecto, unificar criterios, planificar acciones, avaluar avances y discutir resultados parciales y finales.
- c) Muestreo de terreno: se aplicaron los protocolos de medición durante las dos temporadas de evaluación de praderas. Involucró trabajo de terreno intenso.
- d) Medición de alrededor de 7.500 puntos para la determinación de disponibilidad de materia seca y su relación con las lecturas de instrumentos.
- e) Trabajos de laboratorio: Determinaciones de biomasa en cada punto de medición y seguimiento del protocolo de pesaje y secado. Determinación de la composición botánica de muestras para determinar participación de componentes florísticos. Preparación de muestras para analítica.
- f) Tabulación de datos: Producto del proceso anterior se genera un gran volumen de datos. Esta información se tabula en planillas de Office Excel, para posteriormente someterlas a revisión y detección de posibles errores (digitación u otros).
- g) Análisis estadístico de datos: Una vez revisada la base de datos, se procede al análisis estadístico. Para ello se utilizan procedimientos de regresión lineal, mediante aplicación de programa SPSS. Se revisan los valores de los residuos (extremos y aquellos que determinan grandes desviaciones y que claramente corresponden a errores o bien datos erráticos, con más de dos desviaciones estándar). Se determinan las ecuaciones correspondientes a cada caso y su r^2 asociado.

- h) Construcción de la regla de medición de praderas: mediante la información obtenida del análisis estadístico y construcción de las curvas de regresión, se procedió a construir la regla de medición, que relaciona la altura de la pradera con la disponibilidad de materia seca por hectárea.
- i) Actividades de difusión: Se desarrolló un lanzamiento de proyecto, apariciones en prensa y TV, días de campo y actividad de cierre del proyecto.
- j) Publicaciones: se cuenta con cuatro fichas técnicas informativas sobre diferentes aspectos del proyecto. Se publicó un manual/boletín técnico sobre los resultados del proyecto y sus aplicaciones, junto a una guía de terreno para aplicar los diferentes instrumentos en la estimación de disponibilidad.

Todas las actividades se realizaron según lo programado originalmente.

4. RESULTADOS DEL PROYECTO

Durante el desarrollo de este estudio, se midieron alrededor de 7.500 puntos en diferentes praderas, estaciones del año y zonas. En cada caso, se relacionó la disponibilidad medida (disponibilidad real), con la altura no disturbada, altura comprimida y la lectura capacitancia obtenida.

De esta forma fue posible construir ecuaciones de regresión para cada caso. Cada regresión fue analizada y se observó que en algunos casos no existían diferencias significativas entre praderas. Por ello, para efectos prácticos de aplicación, se definió juntar datos de praderas similares en cada zona agroclimática, ya que las regresiones eran significativas y se obtenían coeficientes de determinación adecuados.

Es así como para cada instrumento se construyó una ecuación para praderas de pastoreo en la Zona Intermedia y otra para praderas de pastoreo de la Zona Húmeda.

En cada caso se consideró una ecuación para primavera y otra diferente para el verano. No se incluyen acá las ecuaciones de otoño, ya que en las condiciones de la Región de Aysén en otoño el crecimiento es generalmente marginal y no se realizará habitualmente manejo intensivo de pastoreo controlado en los sistemas productivos.

De esta forma, se obtienen para cada instrumento cuatro ecuaciones:

- Pradera Zona Intermedia – Primavera
- Pradera Zona Intermedia – Verano
- Pradera Zona Húmeda – Primavera
- Pradera Zona Húmeda - Verano

Las ecuaciones de calibración son de la forma $y = a + b X$, en que:

- “y” es la disponibilidad de materia seca en kg/ha
- “a” es la intersección
- “b” es la pendiente de la recta
- “X” es (según el instrumento):
 - La altura sin disturbar en cm (medidor de altura)
 - La altura comprimida en unidades de 0,5 cm (plato)
 - La capacitancia medida (capacitómetro)

Las ecuaciones de calibración para los instrumentos de medición de disponibilidad de forraje son las que se muestran en los cuadros siguientes, para la altura sin disturbar, altura comprimida (plato) y capacitómetro, respectivamente.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r^2
Altura SIN disturbar	Intermedia	Primavera	$y = 154 x + 852$	$r^2 = 0,577$
	Intermedia	Verano	$y = 205 x + 739$	$r^2 = 0,639$
	Húmeda	Primavera	$y = 147 x + 656$	$r^2 = 0,62$
	Húmeda	Verano	$y = 168 x + 828$	$r^2 = 0,646$

Ecuaciones de calibración para el medidor de altura SIN DISTURBAR (sward stick) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. “X” es el valor promedio de altura no disturbada, en cm, obtenido luego del recorrido del potrero.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r^2
Altura comprimida (PLATO)	Intermedia	Primavera	$y = 140 x + 566$	$r^2 = 0,778$
	Intermedia	Verano	$y = 153 x + 547$	$r^2 = 0,720$
	Húmeda	Primavera	$y = 97 x + 799$	$r^2 = 0,626$
	Húmeda	Verano	$y = 96 x + 1022$	$r^2 = 0,602$

Ecuaciones de calibración para el medidor de altura COMPRIMIDA (plato forrajero) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. "X" es el valor promedio de altura comprimida obtenido luego del recorrido del potrero.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r^2
CAPACITÓMETRO	Intermedia	Primavera	$y = 0,594x - 320$	$r^2 = 0,721$
	Intermedia	Verano	$y = 0,601x - 336$	$r^2 = 0,629$
	Húmeda	Primavera	$y = 0,619x - 879$	$r^2 = 0,786$
	Húmeda	Verano	$y = 0,465x - 191$	$r^2 = 0,680$

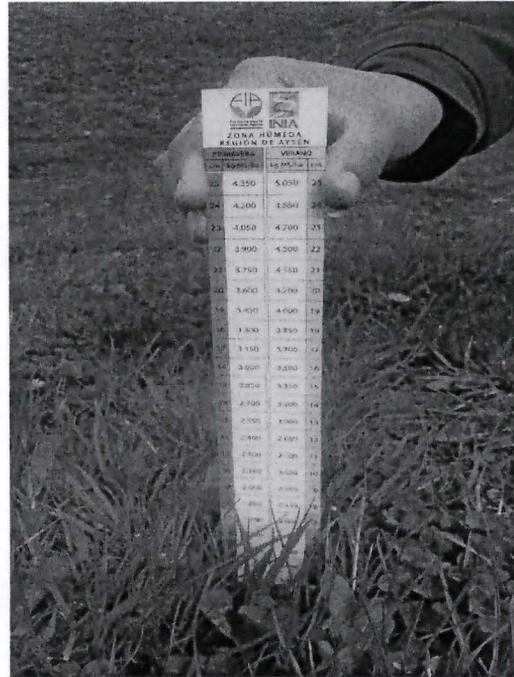
Ecuaciones de calibración para el CAPACITÓMETRO (Grass Master) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. La ecuación correspondiente debe ser ingresada en el equipo antes de comenzar. El equipo entregará la disponibilidad promedio del potrero en forma directa.

A través de estas mediciones fue posible la construcción de una **regla de medición de disponibilidad** de forraje en las praderas, que era uno de los objetivos del proyecto. De esta forma, se construyó una regla de muy fácil uso, que permite estimaciones gruesas de disponibilidad de forraje en praderas.

Se construyeron dos escalas para la Zona Intermedia (primavera y verano) y dos para la Zona Húmeda (primavera y verano).



Fundación para la
Innovación Agraria

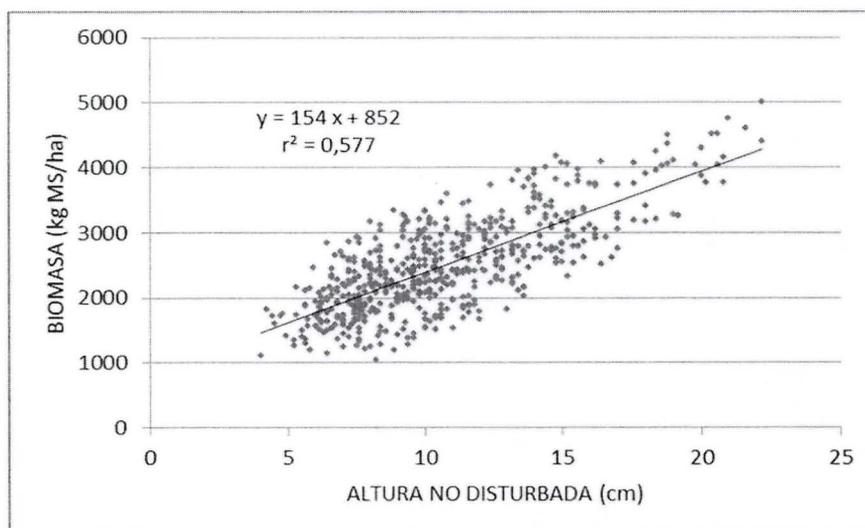


Regla de medición de disponibilidad de forraje desarrollada en Aysén para praderas en pastoreo.

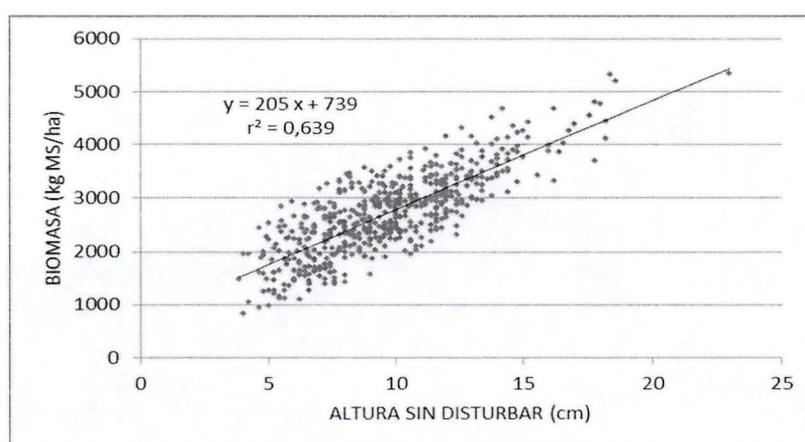
La regla de medición entrega valores de disponibilidad de forraje directamente en kg de materia seca por hectárea. Para usar la regla se debe recorrer el potrero y en cada punto poner verticalmente la regla y leer el valor de disponibilidad a la altura predominante de ese punto. Se anota la disponibilidad en cada punto (repetir 50 veces) y así se logra una disponibilidad promedio. Es un método muy simple y barato, aunque menos preciso que otros. Permite trabajar rangos de disponibilidad.

A continuación se presentan los gráficos correspondientes a cada ecuación de regresión generada, para las diferentes zonas/praderas y estaciones del año.

Altura No Disturbada – Zona Intermedia

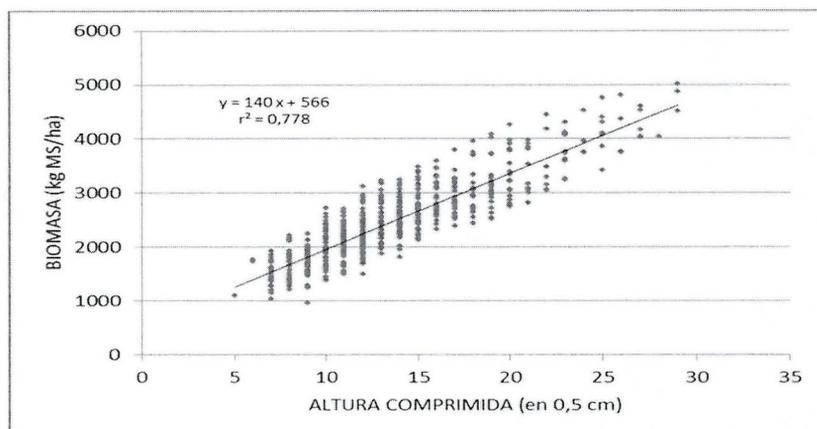


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): **Pradera Zona Intermedia, PRIMAVERA.** (N=585).

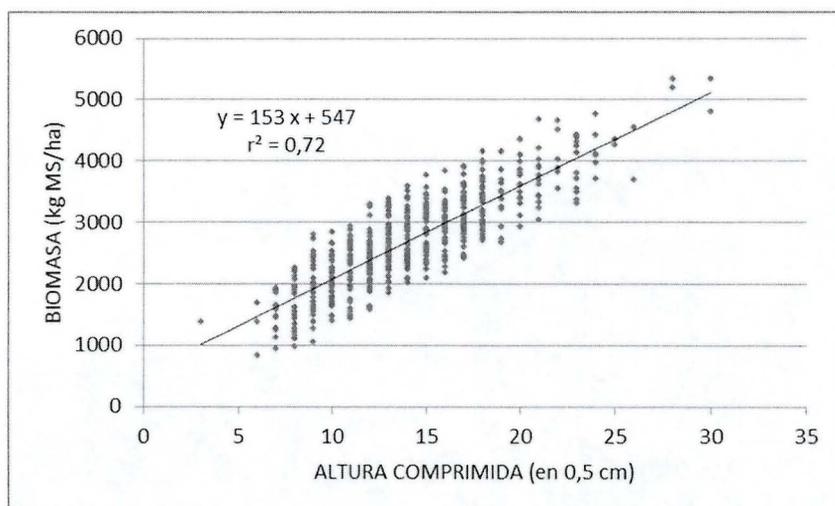


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick). **Pradera Zona Intermedia, Verano.** (N= 578).

Altura Comprimida- Zona Intermedia



Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Intermedia, Primavera.**
(N=576).

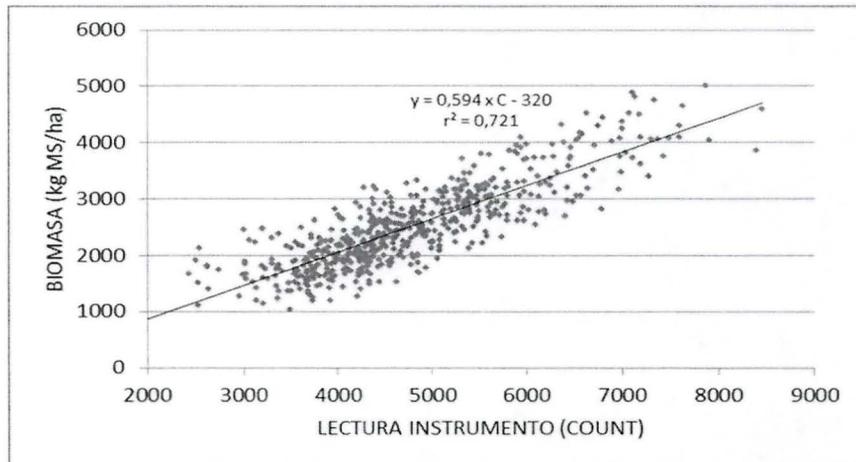


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Intermedia, Verano.**
(N=565)

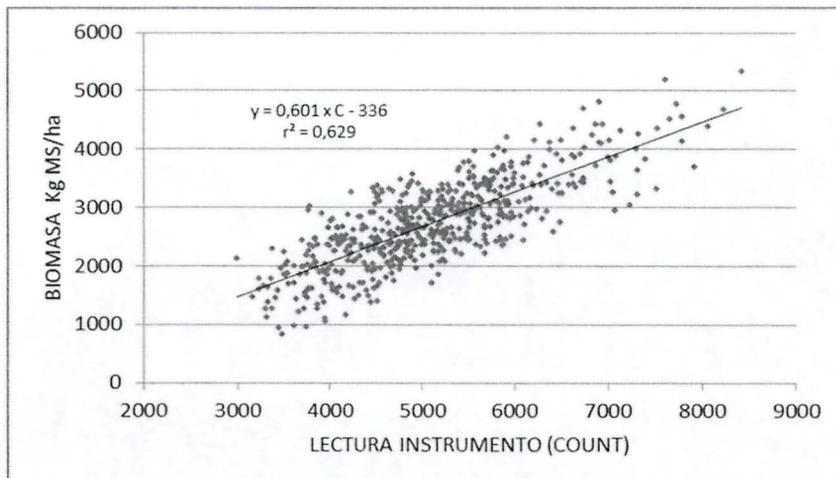


Fundación para la
Innovación Agraria

Capacitómetro-Zona Intermedia

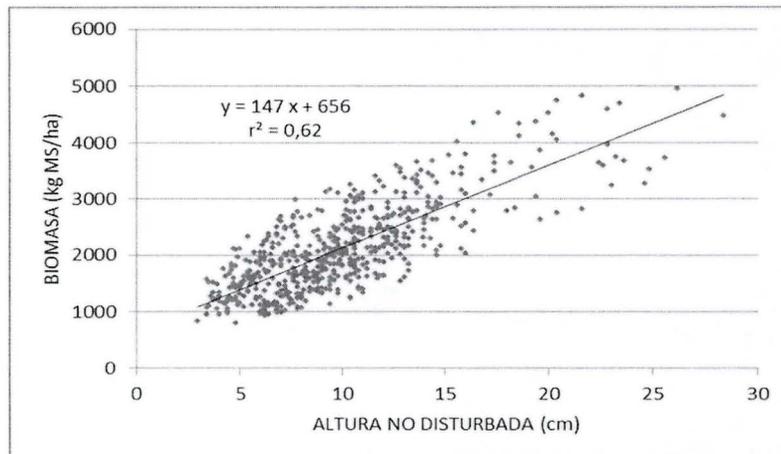


Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Intermedia, Primavera.** (N=576).

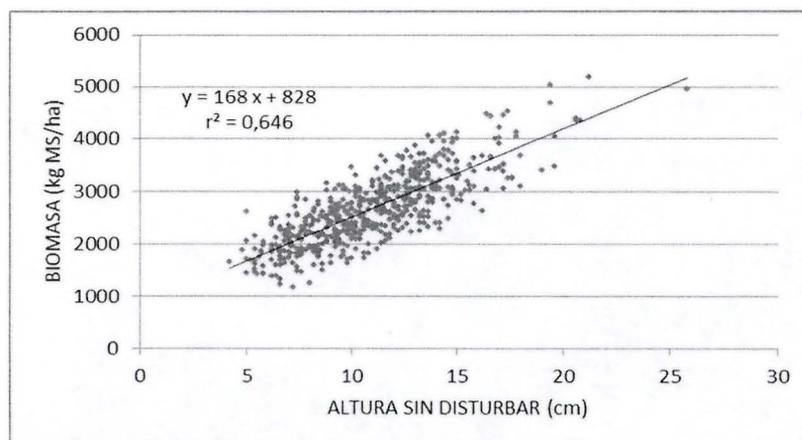


Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Intermedia, Verano.** (N=573).

Altura No Disturbada-Zona Húmeda



Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): Pradera Zona Húmeda, Primavera. (N=582).

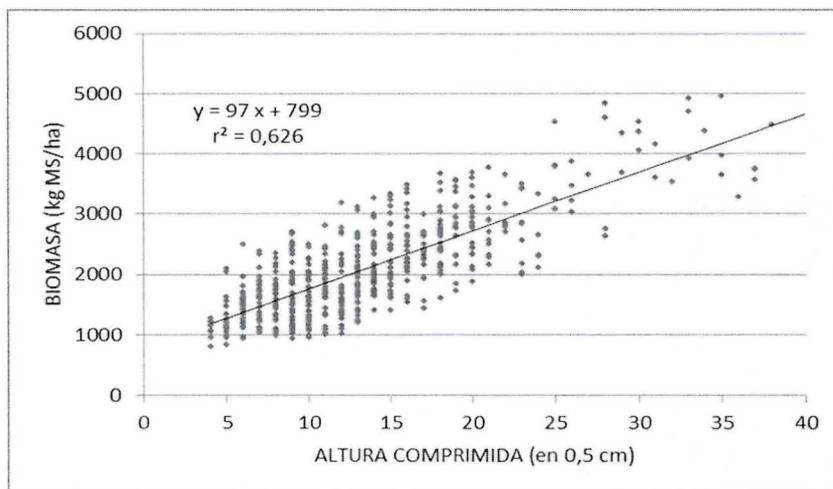


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): Pradera Zona Húmeda, Verano. (N=570).

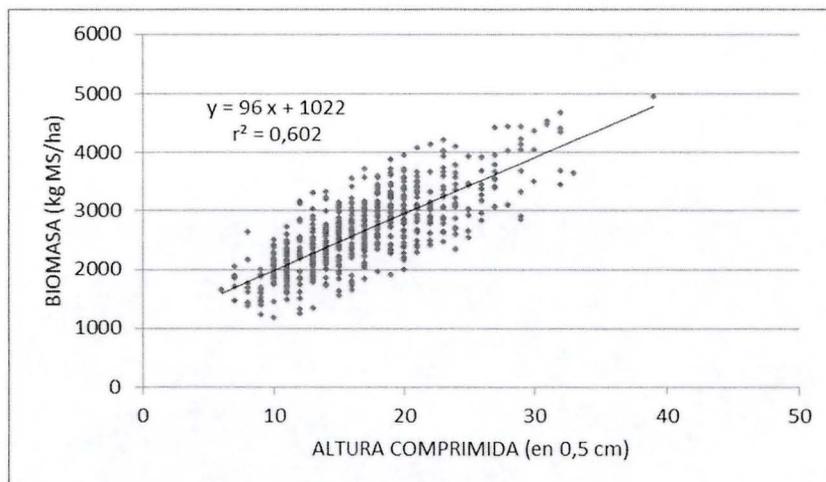


Fundación para la
Innovación Agraria

Altura Comprimida-Zona Húmeda

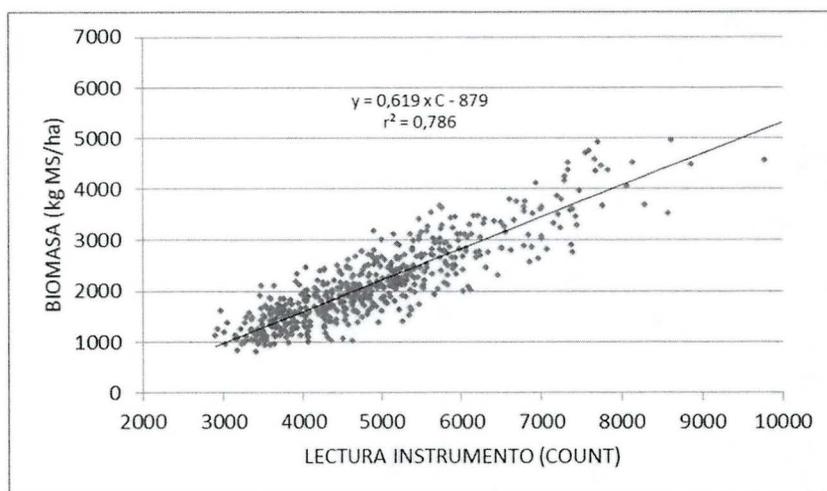


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Húmeda, Primavera.**
(N=575).

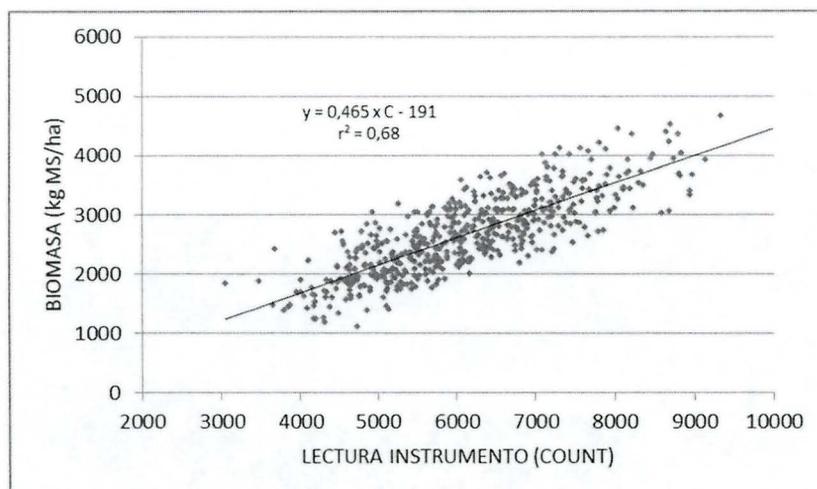


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Húmeda, Verano.**
(N=581).

Capacitómetro-Zona Húmeda



Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Húmeda, Primavera.** (N=568).



Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Húmeda, Verano.** (N=576).

Estas regresiones son las que sustentan los resultados del proyecto y permitieron establecer las relaciones entre las variables medidas por los instrumentos y la disponibilidad real de forraje en pie en cada pradera.

5. FICHAS TÉCNICAS

Se obtuvieron cuatro fichas técnicas en que se resume la forma de aplicar las tecnologías probadas en el proyecto. Se demuestra allí la estimación de disponibilidad de materia seca a través de la medición de altura con sward-stick o regla, el plato de altura comprimida o el capacitómetro.

De esta forma, se detalla cómo se aplica cada uno de los métodos de medición y cómo se procesa la información para estimar la disponibilidad de materia seca (kg MS/ha). Con esta información se definen entonces criterios de manejo del pastoreo, asignaciones de ración diaria, movimiento de franjas de pastoreo, cálculos de presión de pastoreo, determinaciones de carga animal, entre otros.

6. PROBLEMAS ENFRENTADOS

Durante la ejecución proyecto no se tuvo grandes problemas, salvo la ocurrencia de una sequía intensa en el verano y otoño del primer año, lo que afectó el crecimiento de las praderas. De hecho, en la zona Intermedia la pradera mixta de pasto ovillo y trébol blanco prácticamente no creció, lo que afectó fuertemente el período de muestreo. Por ello, fue de gran importancia el contar con dos temporadas de mediciones.

7. DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados del proyecto fueron ampliamente difundidos a través de actividades teóricas y prácticas. Se desarrollaron dos talleres de capacitación, además de días de campo específicos, donde se demostró el uso de los instrumentos de medición. Se complementó con fichas técnicas publicadas, manual/boletín técnico y cartilla de terreno. Asimismo se realizó una actividad de lanzamiento del proyecto y otra de cierre final, donde se expusieron los resultados principales. Junto a lo anterior, se tuvo apariciones en prensa y TV.

8. IMPACTOS DEL PROYECTO

A través de este proyecto se cuenta en la actualidad con diferentes métodos indirectos y rápidos para estimar la disponibilidad y producción de las praderas bajo condiciones de pastoreo. Esta información no estaba disponible ni validada para la región de Aysén.



Explotaciones con mayores niveles de intensificación podrán ahora hacer uso de estos instrumentos y así poder manejar de forma más precisa y controlada sus pastoreos, especialmente en sistemas de recría y engorda, donde los pastoreos rotativos de primavera y verano se prestan mejor a este tipo de instrumentos.

Con estos datos, se puede conocer más directa y rápidamente cuánto forraje se tiene para sustentar el consumo animal y se optimizan los resultados de producción animal.

9. CONCLUSIONES

Este proyecto obtuvo como resultados lo siguiente:

- a) Curvas de calibración para diferentes tipos de praderas en dos zonas agroclimáticas y tres estaciones, para diferentes instrumentos de medición indirecta de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo.
- b) Una regla de desarrollo local, que relaciona la altura de la pradera con la disponibilidad de materia seca.
- c) Material de difusión y publicaciones asociadas a esta tecnología.
- d) Capacitación de técnicos, profesional y productores ganaderos de la Región de Aysén.

10. RECOMENDACIONES

Es importante recalcar que todos los valores de disponibilidad de forraje (kg MS/ha) corresponden a la **biomasa total en pie**, es decir, a todo el forraje sobre la superficie del suelo. Ello porque todas las muestras se cortaron a **ras de suelo**. Sólo una fracción de la disponibilidad podrá ser consumida por el ganado, antes de que tengan que ser movidos a otro potrero.

De esta forma, será interesante conocer la disponibilidad de entrada en un potrero, franja o sector de pastoreo y luego la disponibilidad de salida, o residuo. La diferencia corresponderá al consumo aparente durante el pastoreo, en el caso de mediciones en sistemas de movimiento rápido.

11. OTROS ASPECTOS DE INTERÉS

A pesar de que se realizaron mediciones de otoño en ambas temporadas, finalmente se decidió no incluir las curvas de calibración en dicha época del año, ya que se



definió que el aporte de otoño a la producción total de la pradera es marginal y que en dicha época por lo tanto se tenderá a manejar las praderas en forma más extensiva o menos controlada.

Asimismo, y por las razones anteriores, el ajuste de curvas de calibración resulta mucho menos preciso y menos confiable, lo que reforzó el hecho de no utilizarlas.

12. ANEXOS

Se incluyen anexos con material relativo a los resultados, así como las versiones digitales de las publicaciones realizadas.

13. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa A., Teuber, N. y Lopetegui, J. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. In: Manejo del Pastoreo. (ed. Teuber, N., et al). Publicación Proyecto FIA. INIA-UACH-UFRO-Anasac-Cooprinsem. pp. 23-49.

Crespo, R; Castaño, J. y Capurro, J. 2007. Secado de Forraje con el Horno Microondas: Efecto Sobre el Análisis de Calidad. Agric. Téc. [online]. Vol. 67, n. 2, pp. 210-218. ISSN 0365-2807. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200013>.

Grassmaster Pro. 2015. Dry Matter Instrument. User Guide. June Ver:3.03. Novel Ways Electronic Product Development. P. 1-30.

Hepp, C. 2014. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 137 pp.

Hepp, C. y Stuardo, R. 2014. Distribución y caracterización productiva de los suelos de interés agropecuario de la región de Aysén. In: Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. P. 117-137.



Fundación para la
Innovación Agraria

ANEXOS



Método directo para la medición de Materia Seca y Disponibilidad de Forraje en praderas a pastoreo

Camila Reyes, Christian Hepp y Andres Naguil

¿Qué es Materia Seca y qué importancia tiene?

Corresponde a la fracción sólida de los alimentos (o forrajes), es decir, sin el agua. La Materia Seca (MS) se utiliza tanto en alimentación animal como en el manejo de praderas, y se puede expresar en porcentaje (%) o kilos (kg).

Al conocer los porcentajes de MS de diferentes alimentos y forrajes, se puede determinar cuánto de éste corresponde al contenido orgánico e inorgánico que aporta nutrientes, y cuánto corresponde a agua.

Por ejemplo, en un bala de silo pack de 350 kg y un porcentaje de MS de 35%, 122,5 kg corresponden a materia seca y 227,5 litros de agua.

Los animales necesitan consumir una cierta cantidad de materia seca por día (kg MS/día) para mantener la salud y la producción. La cantidad diaria de materia seca necesaria depende de varios factores, incluidos el peso, la etapa de producción y el estado fisiológico (por ejemplo, lactancia, preñez, destete, terminación). En general se considera que el consumo de MS de un animal es entre 2 y 3 % de su peso vivo al día.

Al disponer de datos de MS de una pradera se puede estimar la cantidad de forraje que estará disponible para los animales en un periodo de tiempo determinado. Cabe destacar que el contenido de MS cambia dependiendo de las especies que componen las praderas, el estado fenológico (vegetativo o reproductivo) de cada una de ellas, condiciones ambientales y estrés a que están sometidas (déficit hídrico, bajas y altas temperaturas, déficit de nutrientes), estación del año, partes de las plantas consideradas en la medición, entre otros.

¿Cómo se puede estimar la materia seca de una pradera?

El método más común es la eliminación del agua libre por medio de calor. Esto se puede realizar en condiciones de laboratorio utilizando un horno de ventilación forzada. Sin embargo, también hay métodos caseros y prácticos que se han utilizado para determinar el contenido de MS de una pradera de manera precisa, como por ejemplo utilizando un microondas convencional (Figura 1). Esta alternativa tiene la ventaja de estar al alcance de la gran mayoría de los productores y asesores técnicos.

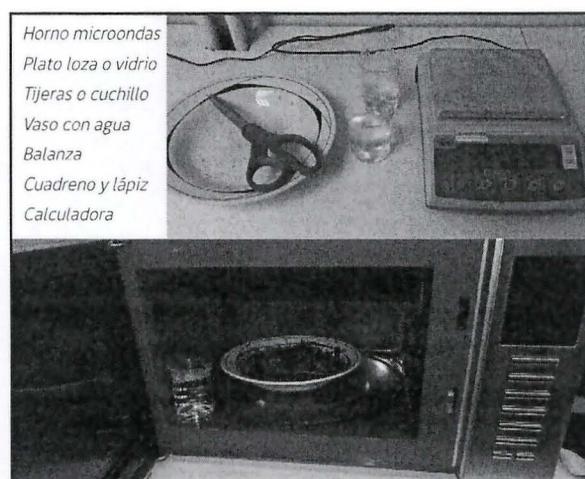


Figura 1. Materiales necesarios para determinar el contenido de materia seca mediante el método de secado con horno de microondas



Los pasos prácticos que se deben seguir son los siguientes:

1. En una balanza colocar un plato de vidrio y ajuste a cero.
2. Mezclar bien la muestra de forraje fresco, colectada recientemente en la pradera, y separar una submuestra de 40 gramos.
3. Con la ayuda de un cuchillo o tijeras cortar el forraje en trozos menores a 3 cm
4. Introducir el plato con la muestra picada al microondas por 5 minutos. La potencia del microondas debe ser de al menos 800 watts. Esta debe ir acompañada con un vaso con agua para evitar que la muestra se queme.
5. Sacar el plato con la muestra y registrar su peso, después colocar nuevamente el plato con la muestra durante 3 minutos más. Se recomienda cambiar el vaso con agua cada vez que ingrese la muestra al microondas, para evitar que el agua hierva.
6. Repetir el procedimiento anterior (de los 3 minutos) hasta que la muestra se estabilice y no registre más pérdida de peso.

El porcentaje de MS se obtiene al relacionar el peso del forraje verde (inicial) y el forraje deshidratado (peso seco final) a través de la siguiente fórmula:

$$MS (\%) = (\text{Peso seco final} / \text{peso verde inicial}) * 100$$

Por ejemplo, si registra un peso inicial de su muestra de 40 g, pero luego del secado el peso de la muestra se estabiliza en 7 g, esto quiere decir que su pradera presenta un contenido de MS de 17,5 % (7/40 x 100).

¿Cómo estimar la disponibilidad de MS en una pradera?

El cálculo de la disponibilidad de forraje mediante un método directo de corte es el procedimiento más exacto y objetivo. Sin embargo, tiene la desventaja de requerir mucho tiempo tanto en la recolección de la muestra como en el secado de una submuestra para estimar MS. Para conocer otros métodos indirectos consulte las fichas técnicas INIA n° 15, 16 y 17.

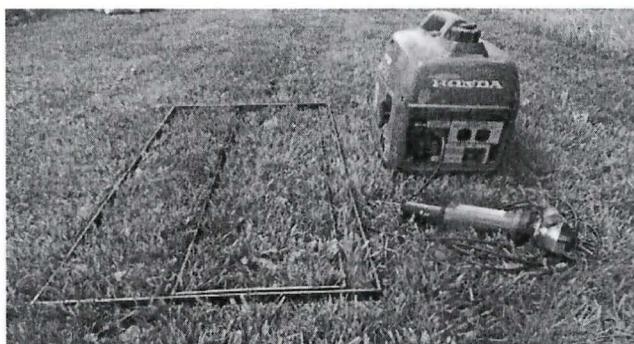


Figura 2. Equipo para el muestreo de con marco

El método de corte con marcos consiste en utilizar un marco de área conocida (se recomienda usar marcos de 1 m x 0,5 m = 0,5 m²), desde donde se corta el forraje, permitiendo correlacionar la biomasa extraída con la superficie del marco.

Dentro del sector o potrero de interés, obtener la muestra en sitios homogéneos y representativos, evitando manchones o sectores con bostas. Luego, se coloca el marco en el suelo y se corta a ras de suelo todo el forraje del área del marco. Utilizar una tijera o un tijerón, o bien una tijera eléctrica que permita agilizar el proceso (Figura 2). Una vez recolectada la muestra, en una bolsa debidamente identificada, se debe registrar el peso fresco tan pronto como sea posible. Dependiendo de la variabilidad de la pradera, será necesario recolectar más o menos muestras. En condiciones uniformes bastará con cuatro repeticiones. Desde esta muestra, una vez pesada, se mezcla y separa una parte (submuestra) para el cálculo de materia seca.

Para obtener la disponibilidad total de forraje de la pradera, expresada en kg de MS/ha, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Peso forraje fresco (g)} \times \% \text{ MS}}{10 \times \text{Área del marco (m}^2\text{)}} \quad (\text{kg MS/ha})$$



Uso del Plato Medidor de altura comprimida en praderas a pastoreo en la Región de Aysén

Christian Hepp, Camila Reyes y Robinson Soto

La disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo es un dato fundamental para el adecuado manejo animal, sobre todo en sistemas más intensivos, como el pastoreo rotativo o en franjas. Para ello, se requieren estimaciones rápidas y prácticas en terreno. Con este fin se han desarrollado diferentes métodos de estimación indirecta, que no requieren de muestreo de la pradera, sino que se realizan lecturas simplemente sobre la pradera.

Uno de estos instrumentos es el PLATO MEDIDOR de disponibilidad de materia seca, el que consiste en un bastón o vástago central que soporta un plato de aluminio de 0,1 m², el cual se desliza hacia arriba y abajo (Figura 1). Al apoyar el bastón verticalmente sobre el suelo, el plato desciende y se apoya sobre la vegetación (pradera) y la comprime con su peso (Figura 2). De esta forma se obtiene la lectura de altura comprimida, la cual es computada en un registro que va acumulando lecturas de cada punto (Figura 3). Estas lecturas corresponden a unidad de medida de "medios centímetros", ya que la escala está dividida en unidades de 0,5 cm.



Figura 1. Vista lateral del plato. Se observa el vástago central y a la derecha el extremo que toma contacto con el suelo.

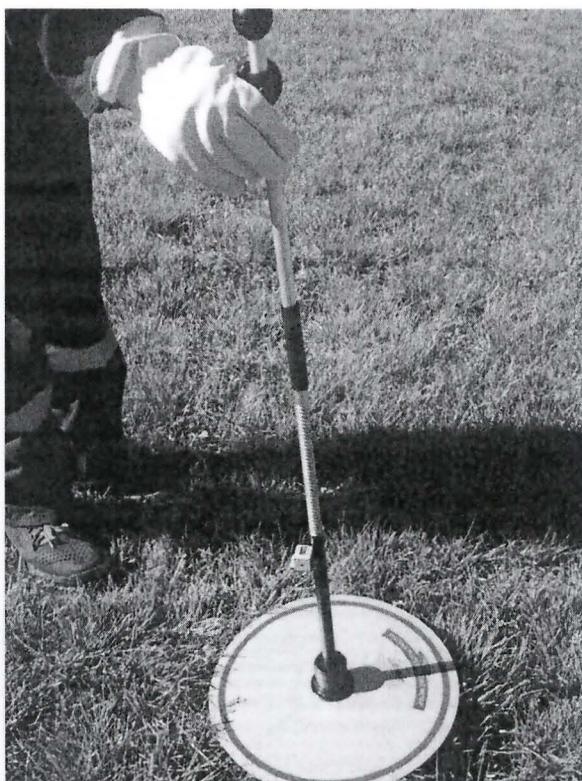
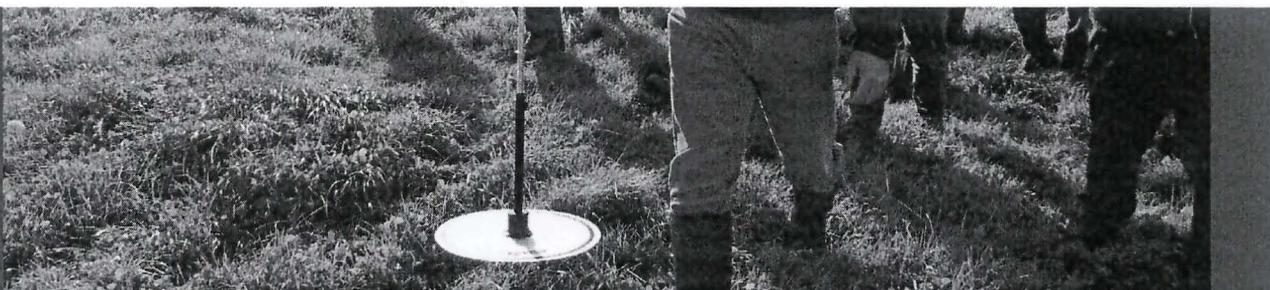


Figura 2. Plato medidor de disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo.



Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r ²
Altura comprimida (PLATO)	Intermedia	Primavera	y = 140 x + 566	r ² = 0,778
	Intermedia	Verano	y = 153 x + 547	r ² = 0,720
	Húmeda	Primavera	y = 97 x + 799	r ² = 0,626
	Húmeda	Verano	y = 96 x + 1022	r ² = 0,602

Cuadro 1. Ecuaciones de calibración para el medidor de altura COMPRIMIDA (plato forrajero) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. "X" es el valor promedio de lectura comprimida obtenido luego del recorrido del potrero.

Este instrumento considera tanto la altura como la densidad de la pradera, ya que praderas más densas ofrecen más resistencia al plato que aquellas de baja densidad. Asimismo, praderas más lignificadas ofrecen más resistencia. Este instrumento está diseñado para ser usado preferentemente en praderas en estado vegetativo y en condiciones de pastoreo.

El procedimiento es el siguiente:

1. Antes de iniciar el recorrido anotar la **lectura inicial** del registro.
2. En cada punto, apoyar el instrumento en el suelo, cuidando que no haya objetos que obstaculicen ese contacto con el suelo (piedras, bostas, restos de madera). El plato se apoyará en la vegetación y la comprimirá, y se realizará simultáneamente la lectura, la que se va acumulando en el registro.
3. Al caminar, tener cuidado de no hacer "falsas lecturas" (no mover el plato)
4. Repetir en **al menos 50 puntos** la lectura correspondiente. Se va apretando el contador en cada punto para tener la cuenta del total de puntos (Figura 4).
5. Al terminar el recorrido, anotar la **lectura final** del registro.
6. Lectura final menos lectura inicial = sumatoria de lecturas de altura comprimida.
7. Sumatoria de lecturas comprimidas dividida por el n° de lecturas realizadas entrega la **altura comprimida promedio** del potrero o sitio muestreado.
8. Ese valor promedio corresponde al **valor "X"** de la ecuación de calibración correspondiente, que permite calcular la **disponibilidad de materia seca en kg MS/ha.** (ver cuadro 1)

Ejemplo: Antes de iniciar el recorrido por el potrero, se toma la lectura inicial (se anota) y corresponde a 23617. Se recorre el potrero tomando 50 puntos y al final el marcador indica 24732. La diferencia entre lecturas es de 24732-23617=1115. Al dividir esta diferencia por el n° de lecturas (50), se tiene: 1115/50=22,3 unidades de medida. Este es el valor de "X" que

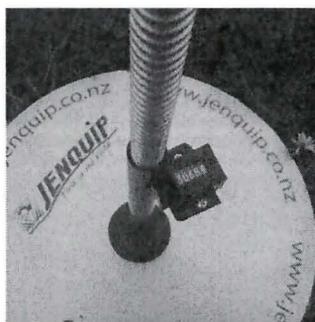


Figura 3. Plato de aluminio y registro de alturas comprimidas, que va acumulando las lecturas realizadas en cada punto.

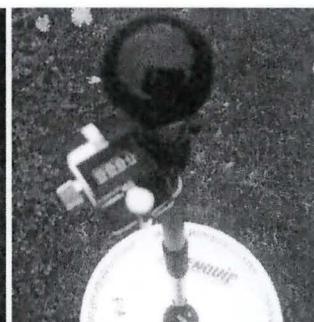


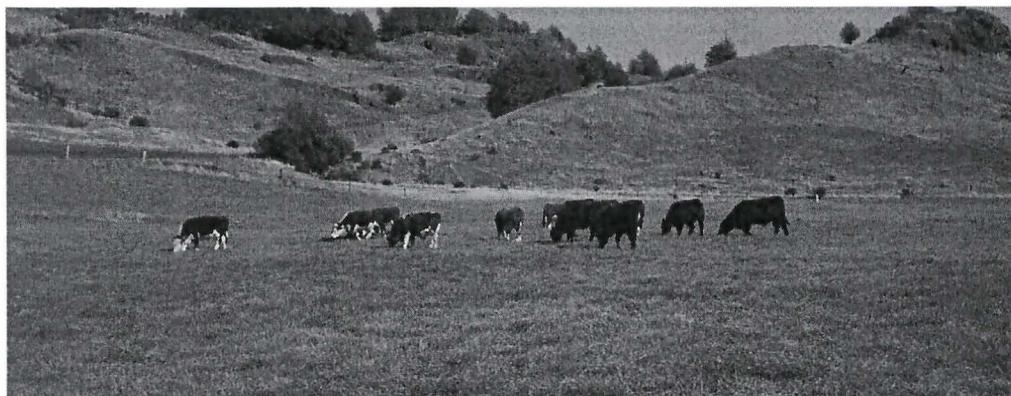
Figura 4. Registro contador de lecturas adosado al bastón o vástago. Permite contabilizar las lecturas.

hay que reemplazar en la ecuación seleccionada. Si esta es una pradera de la Zona Intermedia en primavera, la ecuación a utilizar es: $y = 140x + 566$ (ver cuadro 1). Así, al reemplazar "X" se tiene: 140 multiplicado por 22,3 = 3.122 y al sumar 566 da un total de 3.688 kg MS/ha, que es la disponibilidad promedio del potrero.

Al igual que otros instrumentos de medición, el plato fue desarrollado para ser utilizado en praderas de pastoreo y no en situaciones con excesiva acumulación de forraje, como ocurre con exceso de crecimiento reproductivo (praderas muy espigadas).

Otro aspecto importante de mencionar es que la disponibilidad indicada incluye todo el forraje (hasta nivel del suelo), por lo que las mediciones al inicio del pastoreo deben complementarse con mediciones postpastoreo, para determinar los residuos que quedan al salir los animales. La diferencia entre disponibilidad de entrada y residuo corresponderá a la disponibilidad real.

Si los períodos de pastoreo son prolongados, también hay que considerar el crecimiento que ocurre en el intervalo de pastoreo.



Uso del Capacitómetro

en praderas a pastoreo en la Región de Aysén

Christian Hepp, Camila Reyes y Robinson Soto



Figura 1. Uso del capacitómetro para medir la disponibilidad de forraje.

Este instrumento, aunque parece más complejo y es algo más caro que el plato forrajero, resulta muy práctico para realizar las mediciones de disponibilidad de forraje, directamente en kg de materia seca por hectárea en forma rápida (Figura 1).

Se basa en la medición de cambios que ocurren en la capacitancia externa utilizando un circuito eléctrico dentro de un tubo o bastón. En la medida que haya más pasto cerca del tubo, la capacitancia es alterada en mayor proporción. Estos datos son procesados internamente y transformados a disponibilidad de forraje.

Este instrumento consta del tubo o bastón que se apoya verticalmente en cada punto, y de un microprocesador en la parte superior, donde se procesa la información y tiene un visor para lectura de la información (Figura 2). Para estimar adecuadamente la disponibilidad de forraje, es necesario ingresar una ecuación de calibración (cuadro 1) para que el equipo genere una disponibilidad en kg de materia seca por hectárea.

El instrumento tiene ecuaciones predeterminadas, por lo que es necesario reemplazarla por la ecuación que se desea utilizar en base al tipo de pradera y estación del año. Para ello, remitirse al manual del fabricante, donde se explica en detalle el procedimiento. Esta ecuación es de la forma $Y = m + bX$.

NOTA: la modificación de la ecuación sólo se hace cuando se cambia de tipo de pradera o de estación. Al apagar el equipo quedará registrada la ecuación seleccionada hasta que se decida cambiarla.



Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r ²
CAPACITÓMETRO	Intermedia	Primavera	y = 0,594x - 320	r ² = 0,721
	Intermedia	Verano	y = 0,601x - 336	r ² = 0,629
	Húmeda	Primavera	y = 0,619x - 879	r ² = 0,786
	Húmeda	Verano	y = 0,465x - 191	r ² = 0,680

Cuadro 1. Ecuaciones de calibración para el CAPACITÓMETRO (Grass Master) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. La ecuación correspondiente debe ser ingresada en el equipo antes de comenzar. El equipo entregará la disponibilidad promedio del potrero en forma directa.

Para proceder a la medición en terreno se debe seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar el potrero que se desea medir usando las flechas (up/down) y apretar "Measure/Enter" para ello.
2. El instrumento va a requerir una lectura aérea. Para ello colocarlo horizontalmente en el aire, lejos de la pradera y de otros objetos que puedan obstaculizar esta lectura.
3. El instrumento estará listo para iniciar la caminata
4. En cada punto, posicionar el bastón tocando el suelo, aplicando una pequeña fuerza para indicar al equipo que tome la lectura. Luego levantar el instrumento hasta el próximo punto. Si la lectura se tomó adecuadamente se escuchará un sonido "bip". En el visor se verá el número de la muestra y la disponibilidad en ese punto.
5. Tomar al menos 50 lecturas caminando por el potrero o sector.
6. Si se requiere, es posible pausar (apretar "Menu/Pause" una vez; repetir para continuar).
7. Si se requiere, es posible borrar la lectura anterior presionando "Undo/Next".
8. Al terminar la caminata, presionar "Measure/Enter" y en el visor se indicará el promedio de disponibilidad de materia seca en kg/ha. Este valor se mantendrá en la memoria para el potrero indicado.
9. El equipo estará listo para un nuevo recorrido.



Figura 2. Microprocesador del capacitómetro donde se ingresa la ecuación de calibración y obtienen las lecturas de disponibilidad de materia seca en kg MS/ha.

Es importante considerar que antes de iniciar las mediciones hay que limpiar el bastón (sobre todo la parte inferior y el punto de contacto con el suelo) utilizando un paño de algodón (no usar telas sintéticas que generan estática) y utilizar el aceite proporcionado por el fabricante.

El instrumento siempre tendrá mejor desempeño en condiciones de praderas secas, sin rocío y no inmediatamente después de eventos de lluvias. Se debe evitar el contacto con cercos eléctricos, ya que puede afectar al equipo.



Uso de la Regla Forrajera en praderas a pastoreo en la Región de Aysén

Christian Hepp y Camila Reyes

¿Cuánto forraje hay disponible en una pradera?

Esta es la pregunta más frecuente a la hora de planificar el pastoreo de una pradera. En la mayoría de los casos, se estima en base a la experiencia del productor y así determina la carga de animales y los tiempos de pastoreo en un potrero. En sistemas más intensivos de pastoreo (por ejemplo manejo rotacional) resulta útil tener estimaciones más precisas, que permitan planificar el período de pastoreo y mejorar la utilización de la pradera de acuerdo a los objetivos productivos animales. De esta forma, es posible responder en forma más precisa, entre otras:

- ¿Cuántos días de pastoreo tengo disponibles con una pradera determinada?
- ¿Cada cuántos días debo mover los animales?
- ¿Cuál es la tasa de rebrote de las praderas que ya han sido pastoreadas?
- ¿De cuándo forraje suplementario debo disponer y en que periodos del año?
- ¿Cuál es la producción anual de mi pradera para poder estimar una dosis de fertilización de mantención?

Estas preguntas nacen de la necesidad de contar con información específica y oportuna sobre la cual planificar y tomar decisiones del manejo del pastoreo. Para ello, existen instrumentos de medición indirecta (ver fichas técnicas INIA), como el plato forrajero y el capacitómetro, que pueden dar datos más precisos. Ambos instrumentos son de uso sencillo, entregan un resultado en forma inmediata y presentaron una buena correlación al ser calibrados en las condiciones particulares de la región. Como aproximación a estos métodos más exactos, el INIA, a través de un proyecto FIA, desarrolló en Aysén una REGLA FORRAJERA para estimar la disponibilidad de materia seca de la pradera de forma rápida y económica.

frente				envés			
PRIMAVERA		VERANO		PRIMAVERA		VERANO	
cm	kg MS/ha	kg MS/ha	cm	cm	kg MS/ha	kg MS/ha	cm
25	4.350	5.050	25	25	4.700	5.850	25
24	4.200	4.850	24	24	4.550	5.650	24

Figura 1. Parte superior de la regla mostrando información de la zona agroclimática y época de año.

¿Qué es y cómo se utiliza regla para medir disponibilidad de forraje de una pradera?

Un método simple para estimar el rendimiento de una pradera es a partir de las mediciones de altura de las plantas que la componen. Cuanto más altas son las plantas, mayor es su rendimiento. En este caso, la medición de altura se hace de forma de no alterar o perturbar la zona de medición (sin aplastar, sin estirar o extender las plantas). Esta regla fue diseñada para su uso en condiciones de pastoreo, idealmente en estado vegetativo (sin presencia de espigas en las especies gramíneas) y a una altura máxima de 25 cm.

Cada cara de la regla forrajera se refiere a una zona agroclimática diferente (Zona Intermedia y Zona Húmeda). En cada cara hay dos escalas (Figura 1): una para praderas de primavera (izquierda) y otra para verano (derecha).

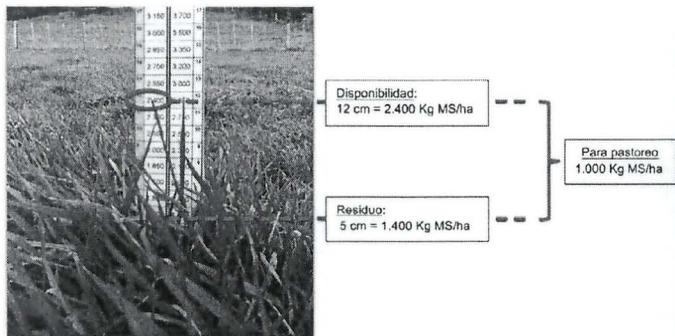


Figura 2. Estimación del forraje disponible

Para usarla, se selecciona la sección de la regla acorde con la zona y estación del año. La regla se ubica verticalmente para que entre en contacto con el suelo y se observa la escala en centímetros para medir la altura sin disturbar (equivale al punto de intercepción más alto del pasto con la escala en cm de la regla). No se debe alterar la altura natural de los pastos. Se anota el valor de la altura registrada. Esta medición se repite al menos en 20 puntos de la pradera para obtener una altura promedio de forraje (suma de las 20 alturas dividido por 20). Con el valor promedio de altura calculado, la regla le entrega la producción de la pradera en kilos de materia seca. Este valor se llama **disponibilidad total de forraje** (a ras de piso).

Ejemplo: En una pradera de la Zona Húmeda destinada a pastoreo en primavera, se registraron las siguientes alturas: 10, 12, 14, 11, 12, 13, 12, 13, 10, 11, 10, 12, 14, 11, 12, 13, 12, 13, 10, 11 cm; Las alturas suman 236 y dividido por 20 da 11,8 cm. Por lo tanto, la altura promedio es de 11,8 cm, lo que se aproxima a 12 cm. Este valor equivale a una disponibilidad de 2.400 kg de materia seca por hectárea (kg MS/ha).

Dado que los pastoreos muy intensos deterioran la pradera, es importante fijar una altura de **residuo**, que indique el momento en que se deberán retirar los animales del potrero. Normalmente los residuos varían entre los 3 y 7 cm de altura, dependiendo de las características de la pradera y el tipo/especie de animal. En la regla, las alturas de residuo se destacan con un color anaranjado a rojo. El residuo debe ser descontado de la disponibilidad para obtener la disponibilidad real.

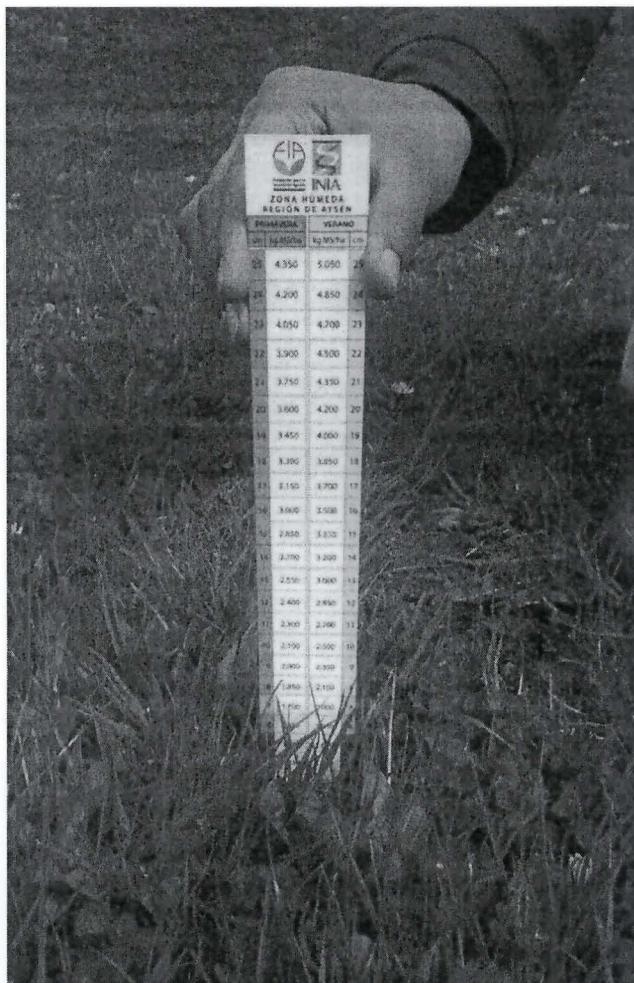


Figura 3. Uso de la REGLA FORRAJERA en mediciones en praderas de pastoreo.

En el ejemplo, si se retiran los animales cuando la altura de la pradera es de 5 cm, esto quiere decir que se dejará un residuo de 1.400 kg MS/ha. Por lo tanto, éste es forraje que existe en la pradera pero que no será consumido por los animales, por lo tanto, se debe descontar a la disponibilidad total: 2.400 - 1.400 = 1.000 kg MS/ha es la disponibilidad real para pastoreo.



DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA EN PRADERAS A PASTOREO EN LA PATAGONIA HÚMEDA (AYSÉN)

PLATO MEDICIÓN ALTURA COMPRIMIDA

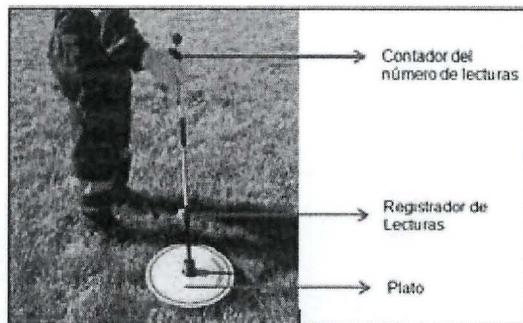
PROCEDIMIENTO:

- Anotar LECTURA INICIAL
 - Recorrer en ZIG ZAG el potrero y tomar al menos 50 PUNTOS cubriendo el área que interesa.
 - Presionar el CONTADOR en cada punto para llevar cuenta de puntos de muestreo.
 - Al terminar el recorrido, anotar la LECTURA FINAL del registro.
 - La lectura final menos lectura inicial = SUMA DE LECTURAS de altura comprimida.
 - Esa suma dividida por el n° de lecturas realizadas entrega la ALTURA COMPRIMIDA PROMEDIO del potrero o sitio muestreado (en unidades de medios centímetros).
-

- Ese valor promedio corresponde al VALOR "X" de la ECUACIÓN DE CALIBRACIÓN correspondiente, que permite calcular la disponibilidad de materia seca en kg MS/ha. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ecuaciones de calibración para el PLATO por zona:

Zona	Estación	Ecuación	r^2
Intermedia	Primavera	$y = 140 x + 566$	$r^2 = 0,778$
Intermedia	Verano	$y = 153 x + 547$	$r^2 = 0,720$
Húmeda	Primavera	$y = 97 x + 799$	$r^2 = 0,626$
Húmeda	Verano	$y = 96 x + 1022$	$r^2 = 0,602$



CAPACITÓMETRO

PROCEDIMIENTO PARA INGRESAR ECUACIÓN:

El instrumento tiene ecuaciones predeterminadas, por lo que es necesario reemplazarla por la ecuación que se desea utilizar en base al tipo de pradera y estación del año. Esta ecuación es de la forma $Y=ax + b$ (cuadro 2).

- Encender el equipo: presionar "POWER/EXIT"
- Presionar "MENU/PAUSE" hasta visualizar "TASKS"
- Presionar "MEASURE/ENTER"
- Utilizar las flechas hasta visualizar "MODIFY EQUATION"
- Presionar "MEASURE/ENTER" dos veces y el cursor va a parpadear bajo la letra de la ecuación en uso. Se reemplazará por una ecuación del cuadro 2. Para ello:
 - Presionar "MEASURE/ENTER" y el cursor permitirá cambiar el multiplicador (m) (mediante las flechas)
 - Presionar "MEASURE/ENTER" y el cursor permitirá cambiar el símbolo +/- (normalmente en estos casos es negativo).
 - Presionar "MEASURE/ENTER" y el cursor permitirá ajustar el valor del intercepto (mediante las flechas).
- Presionar "MENU/PAUSE" para regresar al menú principal

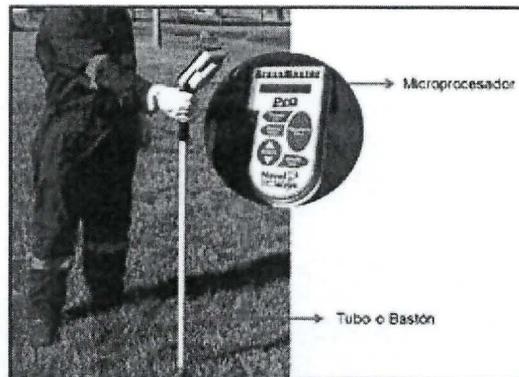
El procedimiento anterior sólo es necesario al requerirse cambiar la ecuación de calibración.

PROCEDIMIENTO PARA MEDIR EN TERRENO:

- ENCENDER EL EQUIPO y verificar carga suficiente.
 - SELECCIONAR EL POTRERO que se desea medir usando las flechas y apretar "MEASURE/ENTER" para seleccionar.
 - El instrumento solicitará una LECTURA AÉREA. Para ello colocarlo horizontalmente en el aire, lejos de la pradera y de otros objetos que puedan obstaculizar esta lectura.
 - El instrumento estará listo para iniciar la caminata
 - En cada punto posicionar el bastón tocando el suelo aplicando una pequeña fuerza para indicar al equipo que tome la lectura. Luego levantar el instrumento hasta el próximo punto. Si la lectura se tomó adecuadamente se escuchará un sonido "BIP". En el visor se verá el número de la muestra y la disponibilidad en ese punto.
 - Tomar al menos 50 LECTURAS caminando por el potrero o sector.
 - Durante la caminata, presionando "MENU/PAUSE" es posible interrumpir la medición. (repetir para continuar).
 - Si se requiere, es posible borrar la lectura anterior mediante presionando "UNDO/NEXT".
 - Al terminar la caminata, presionar "MEASURE/ENTER" y en el visor se indicará el PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA EN KG/HA. Este valor se mantendrá en la memoria para el potrero indicado.
 - El equipo estará listo para un nuevo recorrido.
-

Cuadro 2. Ecuaciones de calibración para el CAPACITÓMETRO por zona:

Zona	Estación	Ecuación	r ²
Intermedia	Primavera	$y = 0,594x - 320$	$r^2=0,721$
Intermedia	Verano	$y = 0,601x - 336$	$r^2=0,629$
Húmeda	Primavera	$y = 0,619x - 879$	$r^2=0,786$
Húmeda	Verano	$y = 0,465x - 191$	$r^2=0,680$



REGLA FORRAJERA DE MEDICIÓN

La regla forrajera de medición de disponibilidad de forraje se debe PONER VERTICALMENTE SOBRE EL SUELO y leer directamente en la escala correspondiente a la zona y estación del año.

Estimar la altura promedio y anotar el valor (altura de las hojas superiores).

Se debe REPETIR 50 VECES (anotar cada lectura) y así obtener una estimación confiable. La suma de alturas dividida por el número de lecturas dará el PROMEDIO DE ALTURA. En la regla se lee la disponibilidad para esa altura en la escala correspondiente.

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE

Todos los valores de disponibilidad de forraje (kg MS/ha) de estos instrumentos son tomados A RAS DE SUELO. Al tomar la disponibilidad de entrada en un potrero o franja de pastoreo y luego la disponibilidad de salida (residuo), se calcula la diferencia, que será la disponibilidad efectiva para los animales en pastoreos cortos (NO considera el crecimiento en dicho período).

Un proyecto financiado por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA):

Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén (PYT-2015-0328)

Asociado: Indap

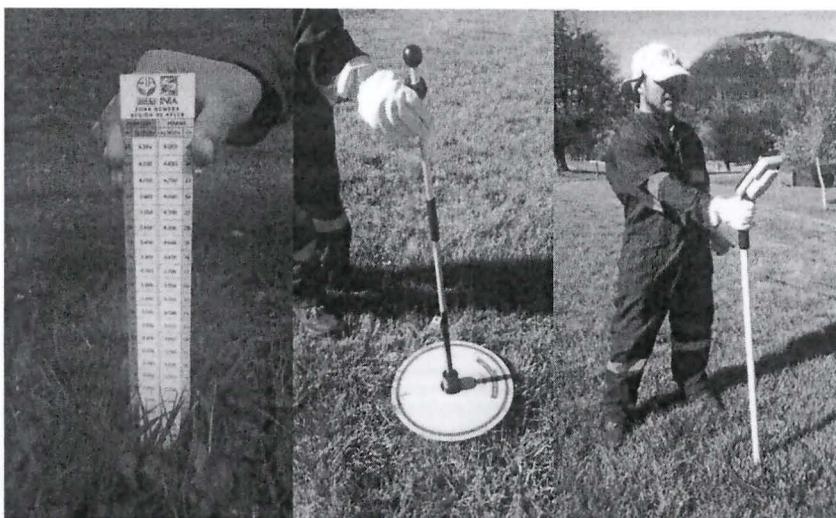
PRIMAVERA		VERANO		PRIMAVERA		VERANO	
cm	kg MS/ha	kg MS/ha	cm	cm	kg MS/ha	kg MS/ha	cm
25	4.350	5.050	25	25	4.700	5.850	25
24	4.200	4.850	24	24	4.550	5.650	24
23	4.050	4.700	23	23	4.400	5.450	23
22	3.900	4.500	22	22	4.250	5.250	22
21	3.750	4.350	21	21	4.100	5.050	21
20	3.600	4.200	20	20	3.900	4.800	20
19	3.450	4.000	19	19	3.800	4.600	19
18	3.300	3.850	18	18	3.600	4.400	18
17	3.150	3.700	17	17	3.450	4.200	17
16	3.000	3.500	16	16	3.300	4.000	16
15	2.850	3.350	15	15	3.150	3.800	15
14	2.700	3.200	14	14	3.000	3.600	14
13	2.550	3.000	13	13	2.850	3.400	13
12	2.400	2.850	12	12	2.700	3.200	12
11	2.300	2.700	11	11	2.550	3.000	11
10	2.100	2.500	10	10	2.400	2.800	10
9	2.000	2.350	9	9	2.250	2.550	9
8	1.850	2.150	8	8	2.100	2.350	8
7	1.700	2.000	7	7	1.950	2.200	7
6	1.550	1.850	6	6	1.750	1.950	6
5	1.400	1.650	5	5	1.600	1.750	5
4	1.250	1.500	4	4	1.450	1.550	4
3	1.100	1.350	3	3	1.300	1.350	3



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

DETERMINACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA SECA EN PRADERAS A PASTOREO EN LA PATAGONIA HÚMEDA (REGIÓN DE AYSÉN)

Boletín INIA Nº 351



Editores:

Christian Hepp y Camila Reyes

Coyhaique, Chile, 2017

Autores:

Christian Hepp	Ing Agr MPhil PhD, INIA (Director Proyecto)
Camila Reyes	Ing Agr PhD, INIA
Robinson Soto	Técnico Agrícola, INIA
Eduardo Cáceres	Ingeniero Agrícola, Indap Aysén
Pier Barattini	Biólogo, INIA
Darío Juárez	Ing. Agr. Indap Aysén

Equipo asistente:

Adriana Carvajal	Analista Laboratorio, INIA
Verónica González	Ing. Agr. INIA Tamel Aike
Margot Monsalve	Operaria agrícola
Elda Monsalve	Operaria agrícola
Viola Saldivia	Laboratorio INIA Tamel Aike
Mirna Medina	Laboratorio INIA Tamel Aike

Editores: Christian Hepp K. y Camila Reyes S.

Este boletín fue editado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro INIA Tamel Aike, Ministerio de Agricultura, como parte de las actividades comprometidas en el proyecto “Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén”, el que fue financiado por el Gobierno Regional de Aysén, a través de la Fundación para la Innovación Agropecuaria (FIA) (Código: PYT-2015-0328).

Cita: Hepp, C., Reyes, C., Soto, R., Cáceres, E., Barattini, P. y Juárez, D. (2017). Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la Patagonia Húmeda (Región de Aysén). Boletín Técnico N° 351. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 44p.

Cantidad de ejemplares: 400

Impresión: Imprenta América (Temuco)

Se autoriza la reproducción total o parcial citando la fuente y los autores sólo con la autorización del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
PRADERAS EN LA REGIÓN DE AYSÉN	5
TIPOS DE PRADERAS	8
CONCEPTO DE MATERIA SECA	17
MÉTODOS DE MEDICIÓN DE DISPONIBILIDAD DE BIOMASA	20
MÉTODOS DIRECTOS	20
MÉTODOS INDIRECTOS	21
Medidor de altura no disturbada	24
Plato de medición de altura comprimida	27
Medidor de capacitancia eléctrica	29
ECUACIONES DE CALIBRACIÓN	33
CONSIDERACIONES IMPORTANTES	36
RECONOCIMIENTOS	36
REFERENCIAS	36
ANEXOS	38

INTRODUCCIÓN

La ganadería del sur de Chile y particularmente en la Patagonia, está basada en la utilización de praderas, las que se encuentran bajo diferentes sistemas de manejo en sistemas productivos bovinos y ovinos. Por ello, los sistemas se califican habitualmente como “pastoriles” y se les diferencia de otros que involucran mayor proporción de uso de recursos extra-prediales, como granos, concentrados y/o subproductos de diferente tipo.

La zona sur y austral del país abarca una extensa superficie y dentro de ella se encuentran características de suelos y climas muy diferentes, por lo que los tipos de praderas y sus patrones de crecimiento difieren grandemente por condiciones locales al compararlos con otras regiones del país. Por ello, es importante contar con información ajustada a cada condición particular, ya que las praderas están constituidas por diferentes especies o proporciones de especies, lo que las hace particulares en su condición.

En los sistemas pastoriles, un aspecto central en el manejo lo constituye la disponibilidad de forraje para los animales. El conocimiento de la disponibilidad permite ajustar los sistemas y establecer los criterios de manejo en cada caso.

La disponibilidad de materia seca en praderas puede medirse directamente o bien estimarse a través de diferentes metodologías. Algunas de ellas, de desarrollo más reciente, involucran el uso de instrumentos que permiten estimar la disponibilidad de forraje a través de variables como la altura y la densidad de la pradera. Estos instrumentos ya se encuentran en uso en otras zonas del país, pero su aplicación en las condiciones de las praderas de Aysén requería de una calibración adecuada. Para ello, se desarrolló el proyecto denominado “*Desarrollo de un sistema simple y rápido de medición en terreno de la producción de praderas predominantes en distintas zonas agroecológicas de la Región de Aysén*”, el que fue financiado por el Gobierno Regional de Aysén, a través de la Fundación para la Innovación Agropecuaria (FIA).

Este proyecto abarcó dos temporadas de crecimiento, 2015-16 y 2016-17 y tuvo como objetivo la generación de una herramienta y metodología de trabajo que permitiera una fácil y rápida estimación del rendimiento de praderas predominantes en dos zonas agroclimáticas de la región de Aysén. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- a) Elaborar una regla para la estimación de la disponibilidad de forraje en diferentes tipos de praderas y estaciones del año.
- b) Generar curvas de calibración para el uso de equipos medidores de disponibilidad de materia seca: Plato Medidor de Forraje (plate meter) y Bastón Electrónico (*GrassMaster*).
- c) Elaborar una guía metodológica con criterios para aplicar los instrumentos de medición.
- d) Capacitar a profesionales, técnicos y productores en el uso de la tecnología generada.

Esta publicación resume los principales resultados obtenidos en este proyecto, junto con detallar la metodología y aplicaciones de los diferentes instrumentos de medición probados.

PRADERAS EN LA REGIÓN DE AYSÉN

Aysén tiene más de 10,8 millones de hectáreas como superficie total. Dada su gran dispersión geográfica y tamaño, junto a una particular orografía, presenta además varias zonas agroecológicas muy contrastantes. Se aprecia una gradiente de disminución de precipitaciones en sentido oeste-este, principalmente por la existencia de la barrera de la Cordillera Patagónica (Andes Patagónicos), que genera una zona de sombra de lluvias en la vertiente oriental. Existen diferencias pluviométricas y también térmicas, lo que se ha traducido en suelos y vegetación diferente en la zona occidental (bosque siempreverde y suelos volcánicos fuertemente ácidos) y oriental (bosque caducifolio y suelos volcánicos ligeramente ácidos).

El origen de las praderas de las zonas húmedas occidentales (Zona Húmeda) y de la vertiente oriental (Zona Intermedia) de Aysén proviene de la etapa de colonización (siglo XX), cuando se reemplazaron extensas zonas de bosques nativos con praderas introducidas, muchas de cuyas especies posteriormente se naturalizaron. En muchos sectores, los colonos introdujeron especies forrajeras como el pasto ovido, trébol blanco, poa, chéptica, pasto miel, ballica perenne, trébol rosado y otras, además de incorporarse especies de menor valor forrajero que actualmente constituyen malezas comunes en la zona (diente de león, pasto del chanco, cerastio, siete venas, entre otras).

Un estudio reciente ha dividido la región de Aysén en 68 valles de potencial agropecuario, abarcando una superficie de cerca de 1,3 millones de hectáreas (cuadro 1). Sin embargo, de esa superficie, sólo 682.000 ha corresponden a suelos de uso preferentemente ganadero, ya que aún hay grandes extensiones cubiertas por bosque de diferente condición, además de humedales y turberas. Los suelos arables son muy minoritarios, aunque poseen un alto potencial productivo (Hepp y Stuardo, 2014).

Vegetación	III	IV	Subtotal III y IV	V	VI	Subtotal V y VI	VII	TOTAL (III a VII)
Praderas	2.385	45.153	47.538	20.480	66.689	87.168	18.522	153.228
Pradera matorral	92	10.030	10.122	5.490	58.635	64.124	51.126	125.372
Matorral	133	15.048	15.181	21.573	64.634	86.208	87.523	188.911
Estepa	46	5.379	5.425	7.947	136.060	144.007	65.887	215.319
<i>Subtotal</i>	<i>2.656</i>	<i>75.610</i>	<i>78.266</i>	<i>55.489</i>	<i>326.018</i>	<i>381.507</i>	<i>223.057</i>	<i>682.829</i>
Humedales	73	2.635	2.708	15.779	2.726	18.505	681	21.895
Bosque abierto	2	7.510	7.513	7.666	41.295	48.962	20.799	77.273
Bosque	106	33.361	33.467	46.017	227.731	273.748	193.674	500.889
Turberas	0	23	23	1.489	328	1.817	623	2.463
Otros	105	4.387	4.492	6.783	20.597	27.380	21.052	52.925
<i>Subtotal</i>	<i>286</i>	<i>47.916</i>	<i>48.202</i>	<i>77.735</i>	<i>292.678</i>	<i>370.413</i>	<i>236.830</i>	<i>655.445</i>
Total	2.943	123.526	126.468	133.224	618.695	751.919	459.886	1.338.274

Cuadro 1. Combinación de capacidad de uso de suelos y cobertura vegetal en los valles de interés agropecuario de la región de Aysén (Hepp y Stuardo, 2014).

Las praderas naturalizadas tienen períodos de crecimiento relativamente acotados, lo que abarca aproximadamente desde septiembre a abril en la Zona Húmeda y de mediados o fines de octubre hasta marzo, en la Zona Intermedia. Esto tiene variaciones según los sitios específicos y los niveles de mejoramiento de las praderas que se puedan encontrar. Asimismo, los rendimientos varían grandemente, desde menos de 1 t MS/ha en praderas degradadas de la Zona Intermedia hasta sobre 6 o 7 t MS/ha en praderas mejoradas. También influirá el status del suelo y las especies dominantes.

Estas praderas se pueden mejorar vía fertilización (S-P en la zona intermedia; P-cal en la zona húmeda) y llegar a rendir normalmente entre 5-8 t MS/ha.

En el proceso de mejoramiento, junto al aumento de biomasa total se observa un mayor valor nutritivo del forraje, debido a los cambios botánicos que se producen en las praderas, como también a la mejor fertilidad del suelo.

La Figura 1 muestra el comportamiento del crecimiento de las praderas mejoradas típicas en dos zonas agroclimáticas (Zonas Húmeda e Intermedia). Se aprecia una curva de crecimiento más extendida en el caso de la Zona Húmeda, mientras que en la Zona Intermedia ésta se presenta con mayor concentración. Sobre todo en esta segunda zona, el crecimiento se concentra fuertemente en los meses de noviembre y diciembre, donde puede ocurrir entre el 60-70% del total de la producción de biomasa anual. Entre los meses de abril a septiembre el crecimiento es cercano a cero y los sistemas dependen casi exclusivamente de fuentes de forrajes conservados o rezagados.

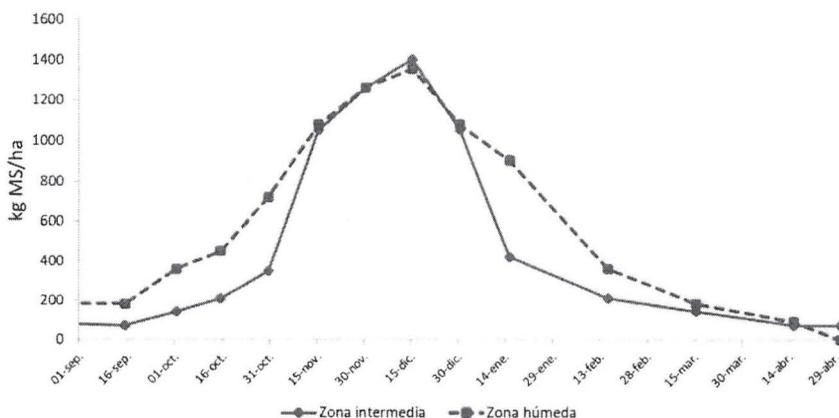


Figura 1. Crecimiento de praderas en dos zonas agroclimáticas de la región de Aysén.

En los suelos arables (Capacidad de uso (CUS) III y IV), es posible establecer praderas con mayores rendimientos e incluso cultivos forrajeros suplementarios. Ello implica la siembra de especies forrajeras de mayor potencial, como pasto ovillo, ballica perenne y festuca, entre las gramíneas, y tréboles (blanco y rosado). En estos casos, los rendimientos de biomasa fluctúan habitualmente entre 7 y 10 t MS/ha, pudiendo en ciertos casos llegar a 12 t MS/ha. Generalmente se realizan siembras mixtas que incluyen una o más gramíneas con una o más leguminosas.

Los sistemas ganaderos de esta región se basan en la utilización de estas praderas con pastoreo directo. Para obtener resultados productivos adecuados, los animales a pastoreo deben comer suficiente forraje diariamente para así lograr altas tasas de crecimiento, adecuados resultados reproductivos y/o producción de leche, según sea el caso. En las praderas mejoradas, utilizadas habitualmente en sistemas ganaderos más intensivos de recría y engorda, resulta importante conocer la disponibilidad de forraje o biomasa (materia seca). Ello permite manejar la oferta de forraje de forma eficiente y la toma de decisiones de manejo, como la velocidad de avance en pastoreo rotativo, momentos de cambio de potrero, asignación de superficie de pastoreo y la determinación de carga animal, entre otros.

TIPOS DE PRADERAS

En este proyecto, se han caracterizado cuatro tipos de praderas, dos de la Zona Intermedia y dos de la Zona Húmeda. Para ello se consideraron las praderas predominantes en cada zona.

ZONA INTERMEDIA

En esta zona se utilizó la pradera mixta dominada por el pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) y trébol blanco (*Trifolium repens*); y la pradera naturalizada fertilizada, que se compone predominantemente de varias gramíneas: poa (*Poa pratensis*), pasto miel (*Holcus lanatus*), pasto ovillo, además de diente de león (*Taraxacum officinale*) y trébol blanco.

Pradera mixta de pasto ovillo

En muchos sectores de la Zona Intermedia se han establecido praderas basadas en pasto ovillo como gramínea principal. Habitualmente se mezcla con trébol blanco y eventualmente también con trébol rosado en menor proporción. En condiciones normales, en esta pradera se encontrarán también otras especies, generalmente naturalizadas. Las praderas utilizadas para la calibración de instrumentos se ubicaban en el sector de Valle Simpson.

Se realizaron mediciones de la composición botánica de las praderas en diferentes estaciones del año, en la temporadas de 2015/16 y 2016/17. El cuadro 2 resume la composición de estas praderas. Se observa que la proporción de diferentes especies encontradas no es constante y varía de acuerdo a la estación del año (P=primavera; V=verano; O=otoño). Se observa que esta pradera está dominada principalmente por gramíneas, con baja proporción de leguminosas y donde el diente de león alcanza proporciones de importancia, particularmente en primavera.

Determinación de la disponibilidad de materia seca en praderas a pastoreo en la Patagonia Húmeda

Temporada	Pasto Ovillo	Poa	Pasto Miel	Otras Gramíneas	Leguminosas	Diente de León	Otras malezas
P-15	45,1%	19,1%	16,5%	0,0%	8,3%	9,9%	1,1%
V-16	67,1%	17,4%	10,2%	0,0%	3,4%	2,0%	0,0%
O-16	96,3%	0,0%	0,7%	0,0%	2,3%	0,4%	0,3%
P-16	19,4%	40,0%	6,8%	12,3%	0,0%	21,5%	0,0%
V-17	47,8%	39,8%	3,2%	1,5%	0,0%	7,7%	0,0%
O-17	53,2%	15,7%	0,0%	0,0%	17,3%	13,8%	0,0%

Cuadro 2. Composición botánica de la pradera mixta de pasto ovillo de la Zona Intermedia de Aysén (base materia seca). P=primavera; V=verano; O=otoño.

El cuadro 3 resume valores promedio para diferentes parámetros de valor nutritivo que fueron evaluados en esta pradera, en diferentes estaciones del año. Las muestras corresponden a material cosechado simulando pastoreo. En verano de 2016, producto de la fuerte sequía, se aprecian bajos niveles de proteína cruda, energía metabolizable y mayor fibra (FDN). En la temporada siguiente, se recuperan valores altos de proteína cruda (sobre 20% en primavera y verano) con alta digestibilidad y mayor energía metabolizable).

Pradera	Temporada	% Cenizas	Proteína cruda %	% Dig. <i>in vitro</i>	Energía Metabolizable Mcal/Kg	FDN %	% Valor "D"
Pasto ovillo	VER-16	8,78	9,38	73,65	2,45	53,65	66,90
	PRIM-16	10,60	20,25	87,50	2,82	37,90	78,25
	VER-17	11,90	21,20	79,60	2,56	41,80	70,30
	OT-17	11,50	17,90	76,20	2,48	47,70	67,90

Cuadro 3. Valor nutritivo de la pradera de pasto ovillo mixta de la Zona Intermedia de Aysén (base materia seca).



Foto 1. Pradera mixta de pasto ovillo del sector Valle Simpson, bajo pastoreo con bovinos de carne.

Pradera naturalizada fertilizada Intermedia

La pradera naturalizada fertilizada (PNF) de la zona intermedia ocupa una proporción mayor de suelos que la pradera anterior y existe un potencial importante de crecimiento en muchos sectores donde aún es necesario recuperar la fertilidad del suelo. Las praderas seleccionadas se encontraban en sectores de terrazas semiplanas del sector Valle Simpson.

Para los fines de este estudio, se utilizaron PNF de sectores de mayor fertilidad de suelos, de modo de que se haya expresado el potencial productivo. La composición de la pradera se midió en diferentes estaciones del año, durante 2016 y 2017. Los resultados se resumen en el cuadro 4. Se observó bastante variabilidad en la proporción de especies forrajeras en esta pradera. Las gramíneas predominantes son poa, pasto miel y pasto ovillo, mientras que se observa períodos en que el trébol blanco alcanza niveles altos, al igual que el diente de león, que pasa a ser una especie con mayor predominancia en primavera.

Temporada	Pasto miel	Poa	Pasto Ovillo	Trébol blanco	Diente de León	Malezas
V-16	11,0%	20,3%	4,8%	23,4%	21,3%	19,2%
O-16	57,1%	8,4%	8,6%	6,9%	13,2%	5,7%
P-16	9,1%	27,2%	12,1%	9,5%	39,6%	1,9%
V-17	27,7%	38,7%	13,9%	11,9%	7,9%	0,0%
O-17	9,4%	0,0%	23,9%	50,2%	0,0%	16,5%

Cuadro 4. Composición botánica de la pradera naturalizada de la Zona Intermedia de Aysén (base materia seca).

En cuanto al valor nutritivo (Cuadro 5) medido en estas praderas, los niveles promedio de proteína cruda son algo inferiores a los reportados en la pradera anterior, fluctuando entre 13-17% aproximadamente. La digestibilidad varía de 71-84%, alcanzando los mayores valores en la primavera, donde también la energía metabolizable es mayor y los niveles de fibra detergente neutro (FDN) muy bajos. Estas características hacen de esta pradera un muy buen recurso para engorda de animales ovinos y bovinos, donde alcanzan elevadas tasas de crecimiento estacional.

Pradera	Temporada	% Cenizas	Proteína cruda %	% Dig. <i>in vitro</i>	Energía Metabolizable Mcal/Kg	FDN %	% Valor "D"
PNF-ZI	OTÑ-16	9,80	12,65	71,10	2,37	50,50	64,10
	PRIM-16	11,45	17,55	83,80	2,66	34,25	73,20
	VER-17	10,80	15,55	76,60	2,50	44,75	68,25
	OT-17	10,90	17,70	72,70	2,37	43,00	64,20

Cuadro 5. Valor nutritivo de la pradera naturalizada de la Zona Intermedia de Aysén base materia seca).



Foto 2. Pradera naturalizada fertilizada en sector de laderas de Valle Simpson. Foto de período de verano con abundante trébol blanco.

ZONA HÚMEDA

En este caso se utilizó la pradera de ballica perenne (*Lolium perenne*) y trébol blanco; y la pradera naturalizada mejorada de esta zona, compuesta por chépica (*Agrostis spp*), pasto miel, trébol blanco y botón de oro (*Ranunculus sp.*), además de otras especies herbáceas.

Pradera mixta de ballica perenne

Los sectores seleccionados para este tipo de pradera se encontraban en las localidades de El Balseo, Viviana y Valle Verde, cercanos a Puerto Aysén. Si bien esta pradera tenía contenidos dominantes de ballica perenne en la mayoría de las estaciones, también estaban presentes otras gramíneas, como chépica, pasto miel y otras (Cuadro 6). Los niveles de leguminosas (especialmente trébol blanco, pero también proporciones menores de alfalfa chilota: *Lotus uliginosus*) fluctuaban entre 9-19%. Sobre todo en la segunda temporada, con mayor humedad, se evaluó presencia importante de botón de oro en la pradera (15-31%).

Temporada	Ballica	Pasto Miel	Chépica	Otras gramíneas	Leguminosas	Botón de oro	Otras Malezas
P-15	16,8%	3,1%	31,2%	22,2%	19,6%	2,4%	4,8%
V-16	42,2%	21,2%	8,6%	11,2%	9,5%	5,4%	1,9%
O-16	47,1%	6,5%	0,0%	25,5%	11,4%	8,1%	1,4%
P-16	42,6%	12,1%	0,0%	0,0%	13,1%	31,0%	1,3%
V-17	22,5%	35,4%	15,5%	0,0%	8,3%	18,3%	0,0%
O-17	41,3%	16,7%	0,0%	0,0%	19,9%	15,1%	7,0%

Cuadro 6. Composición botánica de la pradera de ballica perenne mixta de la Zona Húmeda de Aysén. (Base materia seca). P=primavera; V=verano; O=otoño.

En cuanto a valor nutritivo de la pradera, el Cuadro 7 resume los principales parámetros evaluados. Como en otras praderas, en el verano de 2016 se encontraron niveles más bajos de nutrientes, producto principalmente de las restricciones impuestas por el déficit hídrico registrado. En la temporada 2016-2017 se observaron niveles de proteína cruda de entre 17 a casi 19% y alta digestibilidad, además de adecuados niveles de energía metabolizable y bajos niveles de FDN. Todos estos niveles indican praderas adecuadas para manejos de mayor requerimiento animal, como sistemas de recría y engorda.

Pradera	Temporada	% Cenizas	Proteína cruda %	% Dig. <i>in vitro</i>	Energía Metabolizable Mcal/Kg	FDN %	% Valor "D"
Ballica	VER-16	9,55	12,28	73,34	2,43	53,9	66,0
	OTÑ-16	12,1	17,2	84,15	2,69	47,3	74,2
	PRIM-16	10,78	18,40	86,68	2,78	42,2	76,9
	VER-17	10,55	16,30	77,55	2,51	46,9	68,6
	OT-17	11,90	18,60	81,70	2,60	47,8	71,4

Cuadro 7. Valor nutritivo de la pradera de ballica perenne mixta de la Zona Húmeda de Aysén (base materia seca).



Foto 3. Pradera mixta de ballica perenne en la Zona Húmeda de Aysén

Pradera naturalizada fertilizada húmeda

La pradera naturalizada de la Zona Húmeda tiene habitualmente mayor nivel productivo que la de la Zona Intermedia. Está dominada por chéptica y pasto miel, aunque las proporciones varían según la estación del año. En ciertas épocas del año hay una presencia importante de botón de oro, como componente de la pradera. Las leguminosas en esta pradera también tuvieron, en general, una proporción relevante (Cuadro 8).

Temporada	Pasto miel	Chéptica	Otras gramíneas	Trébol blanco	Alfalfa chilota	Botón de oro	Otras malezas
P-15	21,1%	17,1%	10,1%	18,5%	0,1%	26,5%	6,5%
V-16	18,3%	28,9%	0,6%	28,3%	0,0%	16,9%	6,9%
O-16	47,5%	10,4%	3,0%	13,3%	0,0%	25,7%	0,1%
P-16	32,3%	25,2%	5,9%	16,3%	2,8%	12,4%	5,1%
V-17	73,8%	17,7%	0,0%	0,0%	0,0%	2,4%	6,2%
O-17	56,7%	13,6%	0,0%	12,5%	0,0%	8,8%	8,4%

Cuadro 8. Composición botánica de la pradera naturalizada de la Zona Húmeda de Aysén. (Base materia seca). P=primavera; V=verano; O=otoño.

La pradera naturalizada de la Zona Húmeda fue también analizada en cuanto a su valor nutritivo en diferentes estaciones del año y los promedios encontrados se resumen en el Cuadro 9. En primavera se logran los mayores niveles de proteína, digestibilidad, energía metabolizable y los menores niveles de fibra. La proteína cruda tiende a declinar en verano hacia 14-15%, pero la digestibilidad sigue siendo bastante alta y los niveles de fibra a un nivel intermedio. Esta pradera, manejada en forma controlada en pastoreo también puede sustentar sistemas de recría y engorda animal.

Pradera	Temporada	% Cenizas	Proteína cruda %	% Dig. <i>in vitro</i>	Energía Metabolizable Mcal/Kg	FDN %	% Valor "D"
PNF-ZH	VER-16	11,25	14,45	73,70	2,37	47,05	64,35
	OTÑ-16	12,27	21,52	80,00	2,54	44,98	69,60
	PRIM-16	11,08	23,52	87,60	2,81	40,83	77,72
	VER-17	10,80	15,55	76,60	2,50	44,75	68,25
	OT-17	9,50	15,30	70,10	2,33	49,40	63,00

Cuadro 9. Valor nutritivo de la pradera naturalizada de la Zona Húmeda de Aysén (base materia seca).



Foto 4. Pradera naturalizada mejorada vía fertilización en la Zona Húmeda de Aysén.

CONCEPTO DE MATERIA SECA (MS)

En cualquier sistema de producción animal se debe conocer y cuantificar aspectos relacionados con la dieta y los requisitos de alimentación del ganado. La mayoría de las dietas se calculan en base al peso y a la concentración de nutrientes de cada ingrediente que la compone. Por tanto, es importante conocer el contenido de humedad ya que éste afecta el peso del alimento, pero no proporciona valor nutritivo al animal. Por lo tanto, el agua diluye el valor nutritivo por unidad de peso, aumentando el costo neto de los nutrientes.

Aun cuando la alimentación del ganado se realice en base a pastoreo, es fundamental poder estimar la cantidad y calidad del forraje producido que estará disponible para los animales en un periodo de tiempo determinado. El valor de materia seca (MS) ha sido utilizado desde hace décadas como el parámetro con el que se expresan resultados de producción y calidad del recurso forrajero (Crespo, et. al., 2007). La producción está referida al proceso de generar un producto, que en este caso es forraje para alimentación animal. Su unidad de medición se expresa en un producto deshidratado que corresponde a los Kilos de MS. Este concepto no involucra la unidad de superficie.

Por otra parte, el contenido de materia seca medido en términos porcentuales, es un indicador de la calidad del forraje cosechado. Este parámetro cambia dependiendo de las especies que componen las praderas, al estado fenológico de cada una de ellas, condiciones ambientales y estrés a que están sometidas (déficit hídrico, bajas y altas temperaturas, déficit de nutrientes), estación del año, partes de las plantas consideradas en la medición, entre otros.

En estado vegetativo, las plantas poseen un alto contenido de agua y bajo nivel de fibra, situación que determina que el porcentaje de materia seca fluctúe entre 8% y 16%. En las primeras etapas de maduración o formación de espiga, la planta presenta mayores niveles de lignificación en las paredes celulares que generan un aumento de la proporción de materia seca. En este periodo las plantas poseen entre 17% y 22% de materia seca. Finalmente, las plantas espigadas o en plena formación de semillas, presentan niveles de materia seca superiores a 22%.

DEFINICIÓN DE MATERIA SECA

La materia seca es un término que se utiliza para identificar el restante después de la remoción de agua del alimento o forraje con que se está trabajando, es decir, corresponde al material que queda después de la evaporación del agua. Los nutrientes requeridos por el

animal para el mantenimiento, el crecimiento, la preñez y la lactancia, son parte de la porción de MS del alimento.

FORMAS DE MEDIR LA MATERIA SECA

La determinación de la MS es un proceso relativamente simple, pero requiere de tiempo. El método más común es la eliminación del agua libre por medio de calor. En estas condiciones el agua se evapora desde la muestra de pradera, dejando sólo el contenido seco detrás. Esto se puede realizar en condiciones de laboratorio utilizando un horno de ventilación forzada. Sin embargo, también hay métodos caseros y prácticos que se han utilizado para determinar el contenido de humedad de una pradera de manera precisa.

Método de secado en estufas de aire forzado en laboratorio

El proceso de extracción de agua se realiza en laboratorio sometiendo una muestra fresca de forraje por 48 horas a un proceso de deshidratación en horno de ventilación forzada a 65°C. El tiempo de deshidratación puede disminuir cuando las muestras son sometidas a otras temperaturas (hasta 105°C). Por lo general se pesan 250 gramos de forraje y se colocan en una bolsa de papel dentro del horno. La obtención de un peso constante de la muestra sometida a deshidratación indica que el proceso ha finalizado.

Método de secado con horno de microondas

Este método de secado es muy similar al anterior, sólo que se utiliza un microondas convencional (Figura 2) para deshidratar la muestra de pradera. Según un estudio realizado por Crespo, et. al. (2007) el uso del microondas permite determinar confiablemente el contenido de MS en distintos materiales forrajeros utilizados, reduciendo significativamente el tiempo de secado (6 a 8 min) respecto a la estufa de circulación forzada de aire (48 h). Además, ésta es una alternativa que está al alcance de la gran mayoría de los productores.

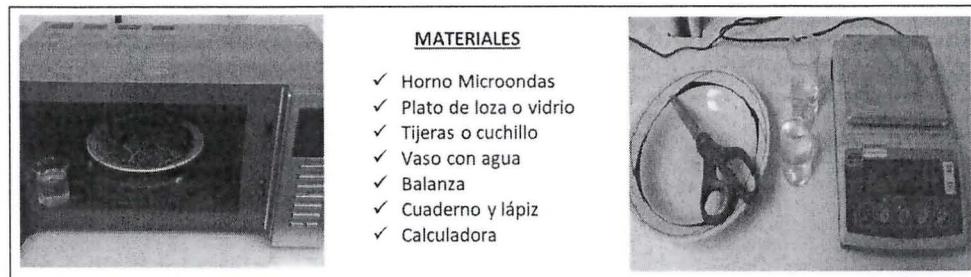


Figura 2. Materiales necesarios para determinar el contenido de materia seca mediante el método de secado con horno de microondas.

Los pasos prácticos que se deben seguir para obtener una adecuada estimación del contenido de MS son los siguientes:

- 1) En una balanza colocar el plato y ajuste a cero.
- 2) Mezclar bien la muestra de forraje fresca, colectada recientemente en la pradera, y separar una submuestra de 40 gramos.
- 3) Con la ayuda de un cuchillo o tijeras cortar el forraje en trozos menores a 3 cm
- 4) Introduzca el plato con la muestra picada al microondas por 5 minutos. Esta debe ir acompañada con un vaso con agua para evitar que la muestra se queme.
- 5) Sacar el plato con la muestra y registrar su peso, después colocar nuevamente el plato con la muestra durante 3 minutos más. Se recomienda cambiar el vaso con agua cada vez que ingrese la muestra al microondas, para evitar que el agua hierva.

Repetir el procedimiento de los 3 minutos hasta que la muestra se estabilice y no registre más pérdida de peso.

APLICACIONES DE LA MEDICIÓN DE MATERIA SECA

El porcentaje de MS se obtiene al relacionar el peso del forraje verde y el forraje deshidratado (seco) a través de la siguiente fórmula:

$$MS (\%) = (\text{Peso seco final} / \text{peso verde inicial}) * 100$$

Por lo tanto, si se decide estimar la materia seca de una pradera mediante el método del microondas, y registra un peso inicial de su muestra de 40 g, pero luego del secado pesa 7 g, esto quiere decir que su pradera presenta un contenido de MS de 17,5 % (7/40 x 100).

Al conocer los porcentajes de MS de diferentes alimentos y forrajes, se puede determinar cuánto de este corresponde al contenido orgánico e inorgánico que aporta nutrientes, y cuánto corresponde a agua. Por ejemplo, en un bolo de silo pack de 350 kg y un porcentaje de MS de 35%, la porción de forraje corresponde a 122,5 kg de Materia seca y 227,5 litros de agua.

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE DISPONIBILIDAD DE BIOMASA (MATERIA SECA) EN PRADERAS BAJO PASTOREO

Para evaluar la disponibilidad de forraje en una pradera en condiciones de pastoreo, existen diferentes alternativas, con distintos niveles de complejidad o dificultad para su aplicación. Estos métodos pueden ser directos, es decir, aquellos en que se mide la cantidad de forraje presente, o bien indirectos, en que se estima la disponibilidad de forraje presente a través de diferentes instrumentos.

MÉTODOS DIRECTOS DE MEDICIÓN DE LA BIOMASA A PASTOREO

El cálculo de la disponibilidad de forraje mediante el método de corte es el procedimiento más exacto y objetivo. Sin embargo, tiene la desventaja de requerir infraestructura adecuada y mucho tiempo tanto en el campo como en el laboratorio. Estos métodos son destructivos ya que se debe remover las plantas, lo que podría afectar la pradera.

Método de evaluación por corte usando marcos

Este método consiste en utilizar un marco de área conocida, desde donde se corta el forraje, lo que permite correlacionar la biomasa extraída con la superficie del marco, obteniendo el rendimiento de la pradera, que se expresa en kg de MS/ha.

Para la obtención de las muestras se debe elegir un sector de la pradera que sea homogéneo y representativo, evitando manchones o sectores con bostas. Luego, se coloca el marco en el suelo y se corta a ras de suelo todo el forraje del área del marco. Se recomienda realizar este

corte con una esquiladora eléctrica, lo que acelera el proceso (Foto 5). De lo contrario se puede utilizar una tijera o tijerón de esquila. Una vez recolectada la muestra en una bolsa debidamente identificada y se debe registrar el peso fresco tan pronto como sea posible. Dependiendo de la variabilidad de la pradera, será necesario recolectar más o menos muestras. En condiciones uniformes bastará con cuatro repeticiones.

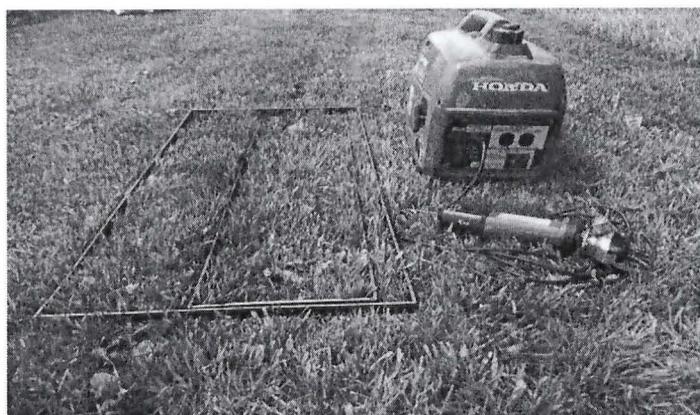


Foto 5. Equipo para el muestreo de con marco

MÉTODOS INDIRECTOS DE MEDICIÓN DE LA BIOMASA EN PASTOREO

Como se vio anteriormente, la determinación de la disponibilidad de biomasa con métodos directos es relativamente lenta y engorrosa, además de requerir bastante trabajo. Por este motivo, se han desarrollado métodos indirectos, que no son destructivos, es decir, no requieren de cortar o cosechar forraje. Estos métodos relacionan algunos atributos de la pradera, particularmente su altura y su densidad, con la disponibilidad de materia seca.

Con este fin, se utilizan diferentes instrumentos de medición de praderas en situación de pastoreo, entre los cuales destacan: el medidor de altura sin disturbar, el plato de altura comprimida y el medidor de capacitancia. Cada uno de estos instrumentos viene con una calibración de fábrica, que se relaciona con las características y condiciones propias de las praderas de países como Nueva Zelanda o Australia. Por ello, se requiere adaptarlos a las

condiciones locales y calibrarlos para su uso más confiable en las praderas locales. Ello se logró a través de este estudio y las ecuaciones de calibración se describen más adelante.

La metodología para la calibración de los instrumentos de medición incluyó una gran cantidad de muestras tomadas en los cuatro tipos de praderas, en tres estaciones diferentes (primavera, verano y otoño) en dos temporadas de crecimiento (2015/16 y 2016/17). En cada pradera se tomaron cerca de 600 muestras en total por cada estación.



Foto 6. Corte de muestra de forraje en marco circular de $0,1 \text{ m}^2$ mediante tijeras eléctricas.



Foto 7. El forraje cosechado desde el marco se pesa y seca para determinar disponibilidad.

Para cada punto de muestreo, el procedimiento incluía cortar un marco circular de $0,1 \text{ m}^2$ de forraje (Foto 6 y 7), previa medición de la altura promedio sin disturbar (seis lecturas por marco), cinco mediciones con capacitómetro y la altura comprimida con plato.

En la foto 8 se muestran diferentes herramientas e instrumentos utilizados en esta faena. Una vez realizadas las mediciones, se procedía a cortar a ras de piso (Foto 7) todo el forraje circunscrito dentro del marco metálico a ras de piso, utilizando una tijera eléctrica. El forraje obtenido en cada punto posteriormente se pesaba en verde, se secaba en estufa de aire forzado y se determinaba finalmente la disponibilidad de materia seca en ese punto. Las lecturas de cada instrumento se correlacionaban entonces con la disponibilidad real de forraje. En cada pradera se procuraba tener muestras de puntos con baja, media y alta disponibilidad, de modo de poder obtener ecuaciones de regresión. En total, este procedimiento se repitió más de 7.000 veces en diferentes praderas, estaciones y temporadas.



Foto 8. Equipo de muestreo: tijeras eléctricas, grupo electrógeno, marco de muestreo, instrumentos de medición (plato y capacitómetro).

Medidor de altura no disturbada (sward-stick)

Este instrumento, desarrollado inicialmente en Escocia, fue perfeccionado en Nueva Zelanda y adaptado a las condiciones de praderas de ese país. El instrumento es muy simple y consiste en un bastón graduado con una lengüeta móvil transparente en la parte inferior. Esta lengüeta (Foto 9) se baja hasta que entra en contacto con la primera hoja de la pradera. Esa es la altura no disturbada. Estas alturas se miden en centímetros. El total de centímetros, dividido por la cantidad de puntos de muestreo entrega la altura no disturbada de la pradera.



Foto 9. Medición de la altura sin disturbar en una pradera. La lengüeta se baja hasta que toque la primera hoja.

Este instrumento es muy simple y permite monitorear rápidamente la disponibilidad de forraje en praderas a pastoreo. Es menos preciso que otros métodos, ya que sólo considera la altura de la pradera y no su densidad.

A través de estas mediciones fue posible la construcción de una **regla de medición de disponibilidad** de forraje en las praderas (Foto 10), que era uno de los objetivos del proyecto. De esta forma, se construyó una regla de muy fácil uso, que permite estimaciones gruesas de disponibilidad de forraje en praderas.

Se construyeron dos escalas para la Zona Intermedia (primavera y verano) y dos para la Zona Húmeda (primavera y verano).

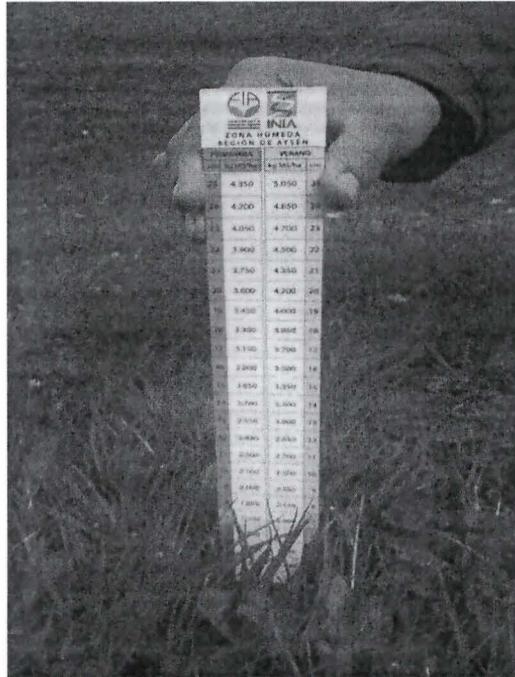


Foto 10. Regla de medición de disponibilidad de forraje desarrollada en Aysén para praderas en pastoreo.

La regla de medición entrega valores de disponibilidad de forraje directamente en kg de materia seca por hectárea. Para usar la regla se debe recorrer el potrero y en cada punto poner verticalmente la regla y leer el valor de disponibilidad a la altura predominante de ese punto. Se anota la disponibilidad en cada punto (repetir 50 veces) y así se logra una disponibilidad promedio. Es un método muy simple y barato, aunque menos preciso que otros. Permite trabajar rangos de disponibilidad.

Plato de medición de altura comprimida (rising plate meter)

Este es otro método para el cual se desarrolló un instrumento en Nueva Zelanda, que consiste en un bastón o vástago central que soporta un plato de aluminio de $0,1 \text{ m}^2$, el cual se desliza hacia arriba y abajo (Foto 11). Al apoyar el bastón verticalmente sobre el suelo, el plato desciende y se apoya sobre la vegetación (pradera) y la comprime con su peso. De esta forma se obtiene la lectura de altura comprimida, la cual es computada en un registro que va acumulando lecturas de cada punto. Estas lecturas corresponden a unidad de medida de "medios centímetros", ya que la escala está dividida en unidades de 0,5 cm.

Este instrumento considera tanto la altura como la densidad de la pradera, ya que praderas más densas ofrecen más resistencia al plato que aquellas de baja densidad. Asimismo, praderas más lignificadas ofrecen más resistencia. Este instrumento está diseñado para ser usado preferentemente en praderas en estado vegetativo y en condiciones de pastoreo.

El procedimiento es el siguiente:

- a. Antes de iniciar el recorrido anotar la lectura inicial del registro.
- b. En cada punto, apoyar el instrumento en el suelo, cuidando que no haya objetos que obstaculicen ese contacto con el suelo (piedras, bostas, restos de madera). El plato se apoyará en la vegetación y la comprimirá, y se realizará simultáneamente la lectura, la que se va acumulando en el registro.
- c. Al caminar, tener cuidado de no hacer "falsas lecturas" (no mover el plato)
- d. Repetir en al menos 50 puntos la lectura correspondiente. Se va apretando el contador en cada punto para tener la cuenta del total de puntos.
- e. Al terminar el recorrido, anotar la lectura final del registro.
- f. Lectura final menos lectura inicial = sumatoria de lecturas de altura comprimida.
- g. Sumatoria de lecturas comprimidas dividida por el n° de lecturas realizadas entrega la altura comprimida promedio del potrero o sitio muestreado.

- h. Ese valor promedio corresponde al valor "X" de la ecuación correspondiente, que permite calcular la disponibilidad de materia seca en kg MS/ha. (ver ecuaciones más adelante).

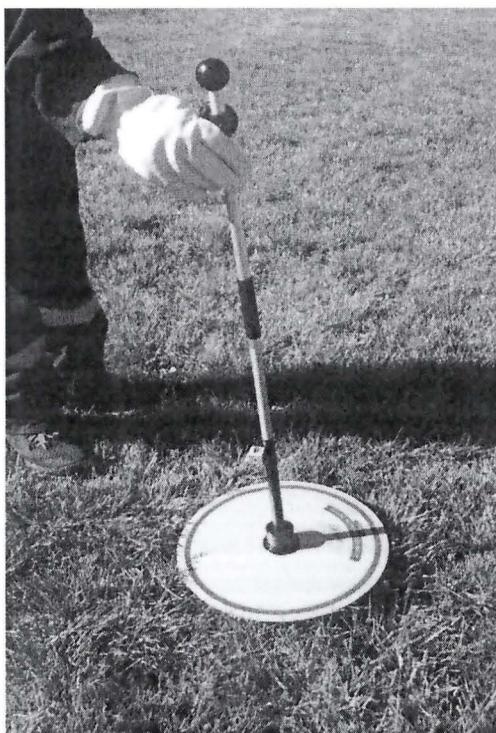


Foto 11. Plato para medir altura comprimida

Ejemplo: Antes de iniciar el recorrido por el potrero, se toma la lectura inicial (se anota) y corresponde a 23617. Se recorre el potrero tomando 50 puntos y al final el marcador indica 24732. La diferencia entre lecturas es de $24732 - 23617 = 1115$. Al dividir esta diferencia por el n° de lecturas (50), se tiene: $1115/50 = 22,3$ unidades de medida. Este es el valor de "X" que hay que reemplazar en la ecuación seleccionada. Si esta es una pradera de la Zona Intermedia en primavera, la ecuación a utilizar es: $y = 140x + 566$ (ver cuadro 11). Así, al reemplazar

“X” se tiene: 140 multiplicado por 22,3 = 3.122 y al sumar 566 da un total de 3.688 kg MS/ha, que es la disponibilidad promedio del potrero.

Medidor de capacitancia eléctrica

Este instrumento es de un nivel de complejidad mayor y también tiene un costo superior, pero resulta muy práctico para realizar las mediciones de disponibilidad de forraje, directamente en kg de materia seca por hectárea.

Se basa en la medición de cambios que ocurren en la capacitancia externa utilizando un circuito eléctrico dentro de un tubo o bastón. En la medida que haya más pasto cerca del tubo, la capacitancia es alterada en mayor proporción. Estos datos son procesados internamente y transformados a disponibilidad de forraje.

Este instrumento consta del tubo o bastón que se apoya verticalmente en cada punto, y de un microprocesador en la parte superior, donde se procesa la información y tiene un visor para lectura de la información (foto 12). Este instrumento también corrige internamente los efectos que pueden ocurrir por diferentes contenidos de materia seca de la pradera, humedad externa del forraje, morfología de la pradera (hojas o tallos), temperatura, humedad relativa del aire y humedad del suelo.

Cada lectura genera un valor de CMR (corrected meter Reading o COUNT) el que mediante una ecuación de regresión se transforma a disponibilidad en kg de materia seca por hectárea.



Foto 12: Equipo de medición de praderas mediante capacitancia eléctrica.



Foto 13. Microprocesador del equipo medidor de disponibilidad de forraje por capacitancia. Permite lectura directa de la disponibilidad de forraje.

El procedimiento es el siguiente:

- a. El instrumento debe estar con suficiente carga.
- b. Encender apretando el botón "Power/Exit"

El instrumento tiene **ecuaciones predeterminadas**, por lo que es necesario reemplazarla por la ecuación que se desea utilizar en base al tipo de pradera y estación del año. Esta ecuación es de la forma $Y = m + bX$.

Para ello:

- Con el equipo encendido presionar "Menu/Pause" hasta que se visualice "TASKS"
- Presionar "Measure/Enter"
- Utilizar las flechas hasta que se visualice "MODIFY EQUATION"

- Presionar “Measure/Enter”
- Nuevamente presionar “Measure/Enter” y el cursor va a parpadear bajo la letra de la ecuación en uso.
- Usar las flechas para seleccionar la ecuación “I”. La ecuación que se ingresará se selecciona del cuadro 12.
- Presionar “Measure/Enter” y el cursor permitirá cambiar el multiplicador (m) (mediante las flechas)
- Presionar “Measure/Enter” y el cursor permitirá cambiar el símbolo +/- (normalmente en estos casos es negativo)
- Presionar “Measure/Enter” y el cursor permitirá ajustar el valor del intercepto (a) (mediante las flechas).
- Presionar “Menu/Pause” para regresar al menú principal

NOTA: la modificación de la ecuación sólo se hace cuando se cambia de tipo de pradera o de estación. Al apagar el equipo quedará registrada la ecuación seleccionada hasta que se decida cambiarla.

- c. Seleccionar el potrero que se desea medir usando las flechas (up/down) y apretar “Measure/Enter” para seleccionar.
- d. El instrumento va a requerir una lectura aérea. Para ello colocarlo horizontalmente en el aire, lejos de la pradera y de otros objetos que puedan obstaculizar esta lectura.
- e. El instrumento estará listo para iniciar la caminata
- f. En cada punto posicionar el bastón tocando el suelo aplicando una pequeña fuerza para indicar al equipo que tome la lectura. Luego levantar el instrumento hasta el próximo punto. Si la lectura se tomó adecuadamente se escuchará un sonido “bip”. En el visor se verá el número de la muestra y la disponibilidad en ese punto.
- g. Tomar al menos 50 lecturas caminando por el potrero o sector.

- h. Si se requiere, es posible pausar (apretar "Menu/Pause" una vez; repetir para continuar).
- i. Si se requiere, es posible borrar la lectura anterior mediante presionando "Undo/Next".
- j. Al terminar la caminata, presionar "Measure/Enter" y en el visor se indicará el promedio de disponibilidad de materia seca en kg/ha. Este valor se mantendrá en la memoria para el potrero indicado.
- k. El equipo estará listo para un nuevo recorrido.

Notas:

- Antes de iniciar las mediciones, limpiar el bastón (sobre todo la parte inferior y el punto de contacto con el suelo) utilizando un paño de algodón (no usar telas sintéticas que generan estática) y el aceite proporcionado por el fabricante.
- El instrumento tendrá mejor desempeño en condiciones de praderas secas, sin rocío y no inmediatamente después de eventos de lluvias.
- Evitar contacto con cercos eléctricos, ya que puede afectar al equipo.
- El equipo tiene posibilidades de descargar información a un computador y el fabricante provee un software para manejar la información si así se desea.

ECUACIONES DE CALIBRACIÓN

Durante el desarrollo de este estudio, se midieron más de 7.000 puntos en diferentes praderas, estaciones del año y zonas. En cada caso, se relacionó la disponibilidad medida (disponibilidad real), con la altura no disturbada, altura comprimida y la lectura capacitancia obtenida. De esta forma fue posible construir ecuaciones de regresión para cada caso. Cada regresión fue analizada y se observó que en algunos casos no existían diferencias significativas entre praderas. Por ello, para efectos prácticos de aplicación, se definió juntar datos de praderas similares en cada zona agroclimática, ya que las regresiones eran significativas y se obtenían coeficientes de determinación adecuados.

Es así como para cada instrumento se construyó una ecuación para praderas de pastoreo en la Zona Intermedia y otra para praderas de pastoreo de la Zona Húmeda. En cada caso se consideró una ecuación para primavera y otra diferente para el verano. No se incluyen acá las ecuaciones de otoño, ya que en las condiciones de la Región de Aysén en otoño el crecimiento es generalmente marginal y no se realizará habitualmente manejo intensivo de pastoreo controlado en los sistemas productivos.

De esta forma, se obtienen para cada instrumento cuatro ecuaciones:

- Pradera Zona Intermedia – Primavera
- Pradera Zona Intermedia – Verano
- Pradera Zona Húmeda – Primavera
- Pradera Zona Húmeda - Verano

Las ecuaciones de calibración son de la forma $y = a + b X$, en que:

- “ y ” es la disponibilidad de materia seca en kg/ha
- “ a ” es la intersección
- “ b ” es la pendiente de la recta
- “ X ” es (según el instrumento):
 - La altura sin disturbar en cm (medidor de altura)
 - La altura comprimida en unidades de 0,5 cm (plato)
 - La capacitancia medida (capacitómetro)

Las ecuaciones de calibración para los instrumentos de medición de disponibilidad de forraje son las que se muestran en los Cuadros 10 a 12, para la altura sin disturbar, altura comprimida (plato) y capacitómetro, respectivamente.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r ²
Altura SIN disturbar	Intermedia	Primavera	$y = 154x + 852$	$r^2 = 0,577$
	Intermedia	Verano	$y = 205x + 739$	$r^2 = 0,639$
	Húmeda	Primavera	$y = 147x + 656$	$r^2 = 0,62$
	Húmeda	Verano	$y = 168x + 828$	$r^2 = 0,646$

Cuadro 10. Ecuaciones de calibración para el medidor de altura SIN DISTURBAR (sward stick) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. "X" es el valor promedio de altura no disturbada, en cm, obtenido luego del recorrido del potrero.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r ²
Altura comprimida (PLATO)	Intermedia	Primavera	$y = 140x + 566$	$r^2 = 0,778$
	Intermedia	Verano	$y = 153x + 547$	$r^2 = 0,720$
	Húmeda	Primavera	$y = 97x + 799$	$r^2 = 0,626$
	Húmeda	Verano	$y = 96x + 1022$	$r^2 = 0,602$

Cuadro 11. Ecuaciones de calibración para el medidor de altura COMPRIMIDA (plato forrajero) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. "X" es el valor promedio de altura comprimida obtenido luego del recorrido del potrero.

Instrumento	Pradera/zona	Estación	Ecuación	r ²
CAPACITÓMETRO	Intermedia	Primavera	$y = 0,594x - 320$	$r^2 = 0,721$
	Intermedia	Verano	$y = 0,601x - 336$	$r^2 = 0,629$
	Húmeda	Primavera	$y = 0,619x - 879$	$r^2 = 0,786$
	Húmeda	Verano	$y = 0,465x - 191$	$r^2 = 0,680$

Cuadro 12. Ecuaciones de calibración para el CAPACITÓMETRO (Grass Master) para praderas en dos zonas agroclimáticas de Aysén y dos estaciones del año. La ecuación correspondiente debe ser ingresada en el equipo antes de comenzar. El equipo entregará la disponibilidad promedio del potrero en forma directa.

CONSIDERACIÓN IMPORTANTE

Es importante recalcar que todos los valores de disponibilidad de forraje (kg MS/ha) corresponden a la **biomasa total en pie**, es decir, a todo el forraje sobre la superficie del suelo. Ello porque todas las muestras se cortaron a **ras de suelo**. Sólo una fracción de la disponibilidad podrá ser consumida por el ganado, antes de que tengan que ser movidos a otro potrero.

De esta forma, será interesante conocer la disponibilidad de entrada en un potrero, franja o sector de pastoreo y luego la disponibilidad de salida, o residuo. La diferencia corresponderá al consumo aparente durante el pastoreo, en el caso de mediciones en sistemas de movimiento rápido.

RECONOCIMIENTO

Se reconoce el importante trabajo en muestreo de terreno, evaluaciones botánicas y laboratorio de campo de Elda Monsalve y Margot Monsalve; de trabajos en preparación de muestras de Viola Saldivia y Mirna Medina y en laboratorio de bromatología a Adriana Carvajal. Este trabajo contó con el apoyo financiero del Gobierno Regional de Aysén a través de la Fundación para la Innovación Agropecuaria (FIA).

REFERENCIAS

Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa A., Teuber, N. y Lopetegui, J. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. In: Manejo del Pastoreo. (ed. Teuber, N., et al). Publicación Proyecto FIA. INIA-UACH-UFRO-Anasac-Cooprinsem. pp. 23-49.

Crespo, R; Castaño, J. y Capurro, J. 2007. Secado de Forraje con el Horno Microondas: Efecto Sobre el Análisis de Calidad. Agric. Téc. [online]. Vol. 67, n. 2, pp. 210-218. ISSN 0365-2807. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072007000200013>.

Grassmaster Pro. 2015. Dry Matter Instrument. User Guide. June Ver:3.03. Novel Ways Electronic Product Development. P. 1-30.

Hepp, C. 2014. Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. 137 pp.

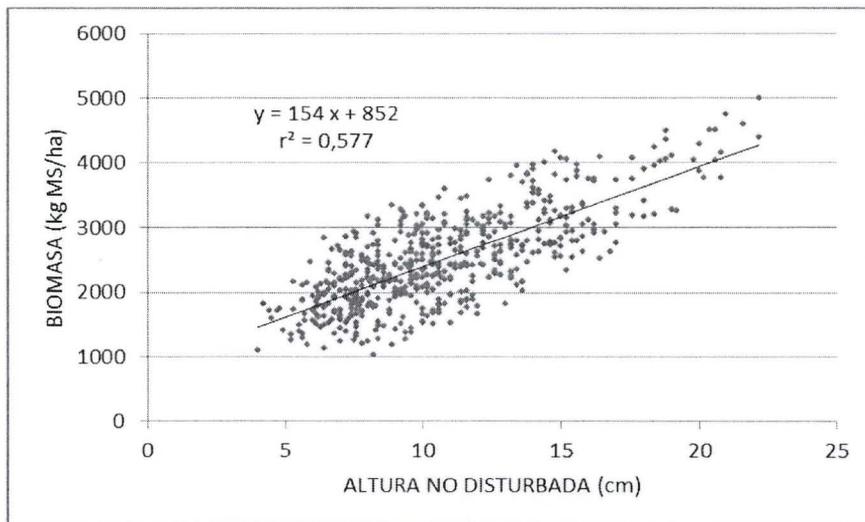
Hepp, C. y Stuardo, R. 2014. Distribución y caracterización productiva de los suelos de interés agropecuario de la región de Aysén. In: Caracterización y propiedades de los suelos de la Patagonia occidental (Aysén). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro de Investigación INIA Tamel Aike, Coyhaique, Aysén-Patagonia, Chile. P. 117-137.

ANEXO

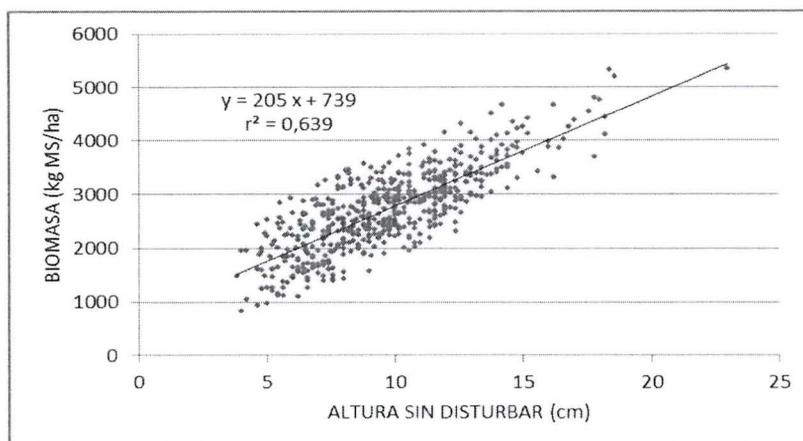
Se incluyen a continuación los gráficos correspondientes a cada ecuación de regresión generada, para las diferentes zonas/praderas y estaciones.

ZONA INTERMEDIA

Altura No Disturbada

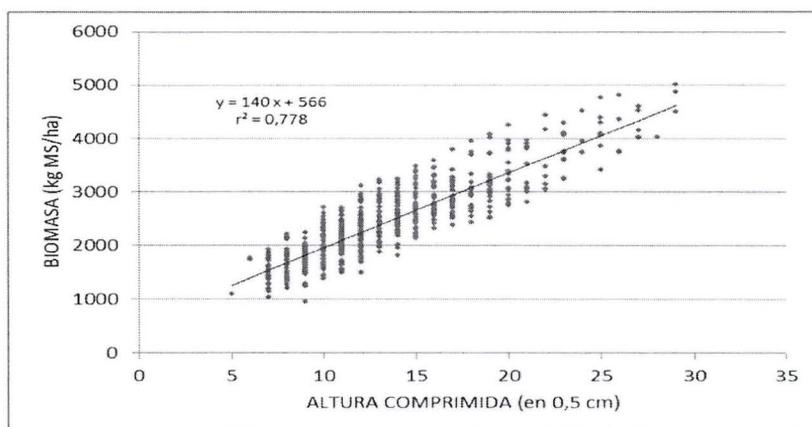


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): **Pradera Zona Intermedia, PRIMAVERA**. (N=585).

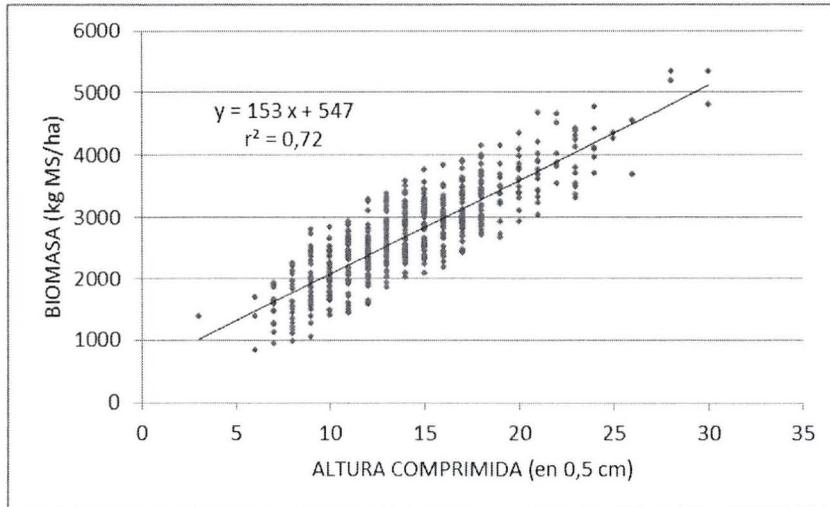


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick). **Pradera Zona Intermedia, Verano.** (N= 578).

Altura Comprimida

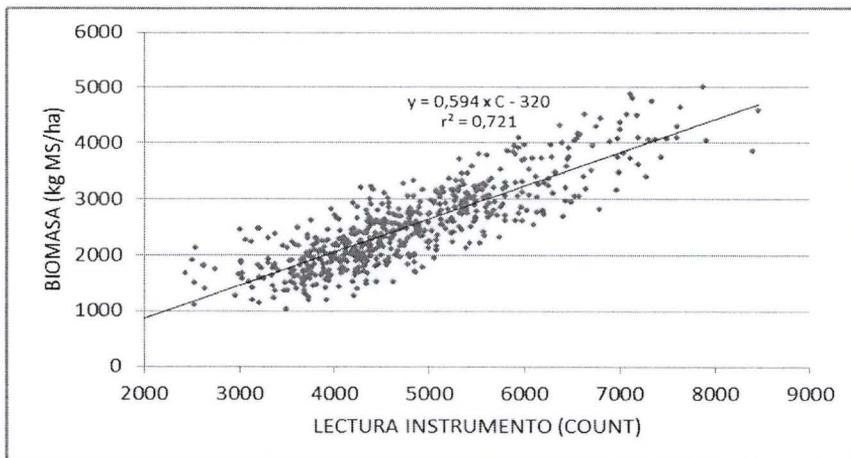


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Intermedia, Primavera.** (N=576).

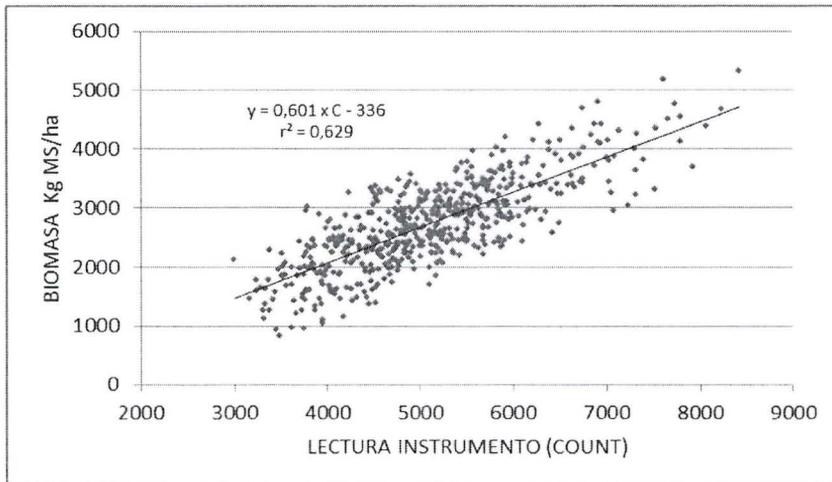


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Intermedia, Verano.** (N=565)

Capacitómetro



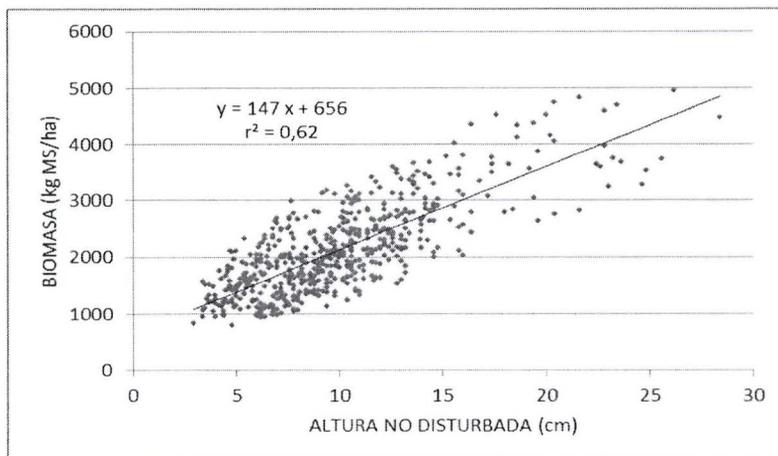
Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Intermedia, Primavera.** (N=576).



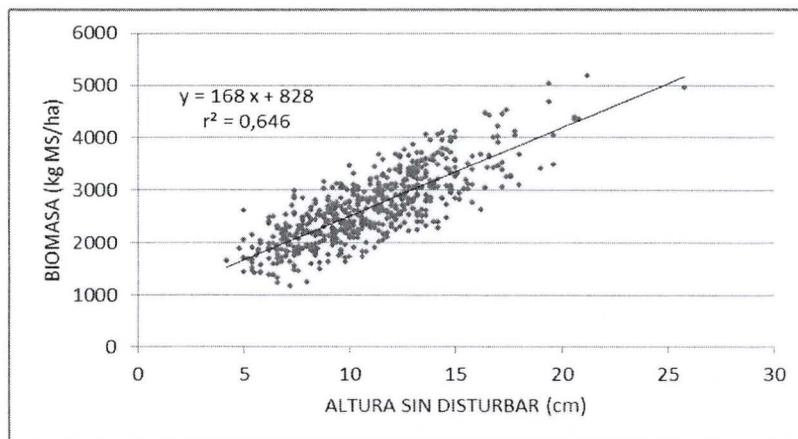
Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Intermedia, Verano.** (N=573).

ZONA HÚMEDA

Altura No Disturbada

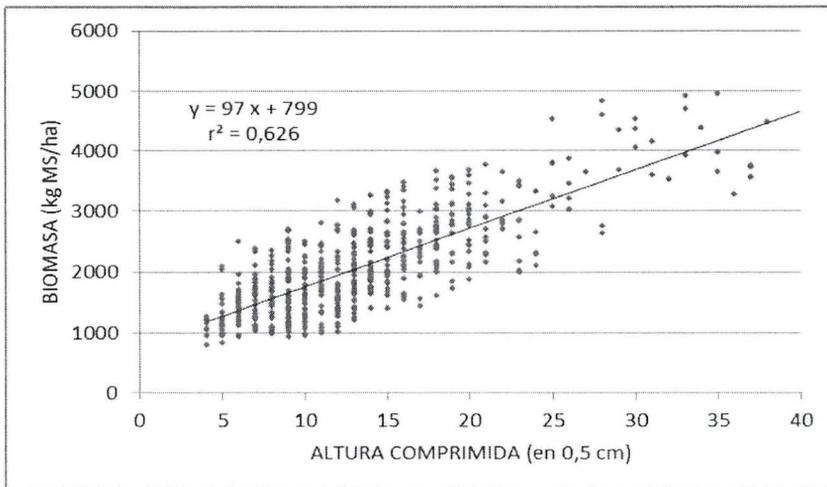


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): Pradera Zona Húmeda, Primavera. (N=582).

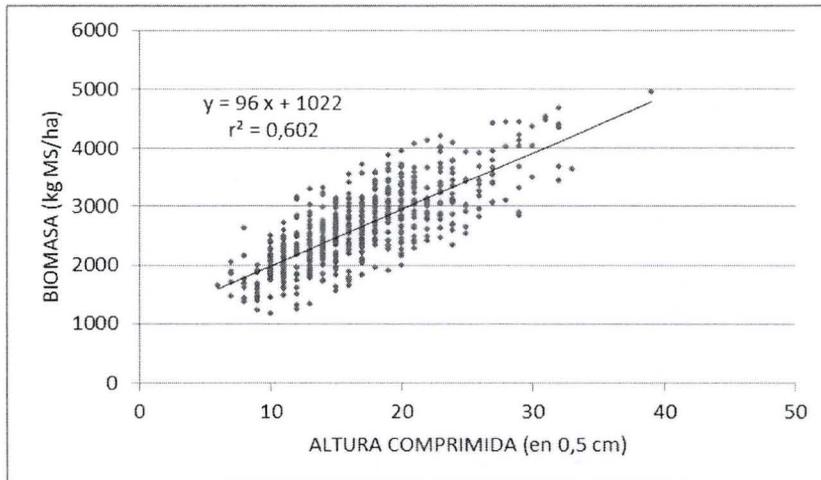


Curva de calibración para medidor de altura NO disturbada (sward stick): Pradera Zona Húmeda, Verano. (N=570).

Altura Comprimida

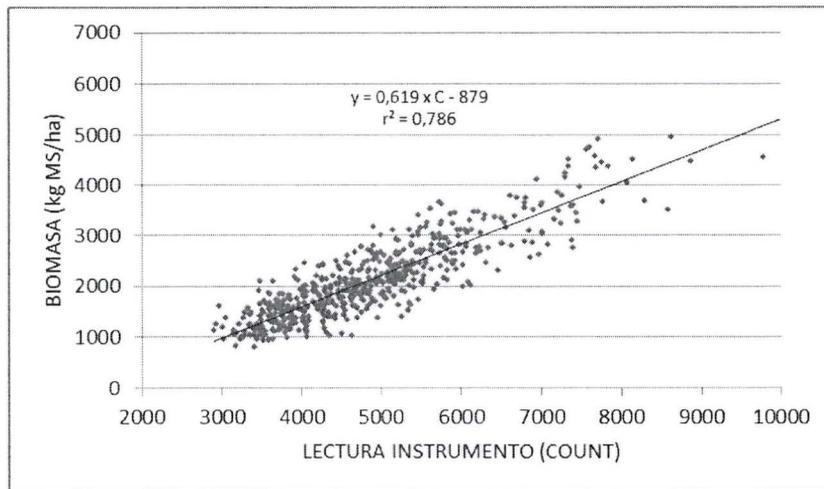


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Húmeda, Primavera.** (N=575).

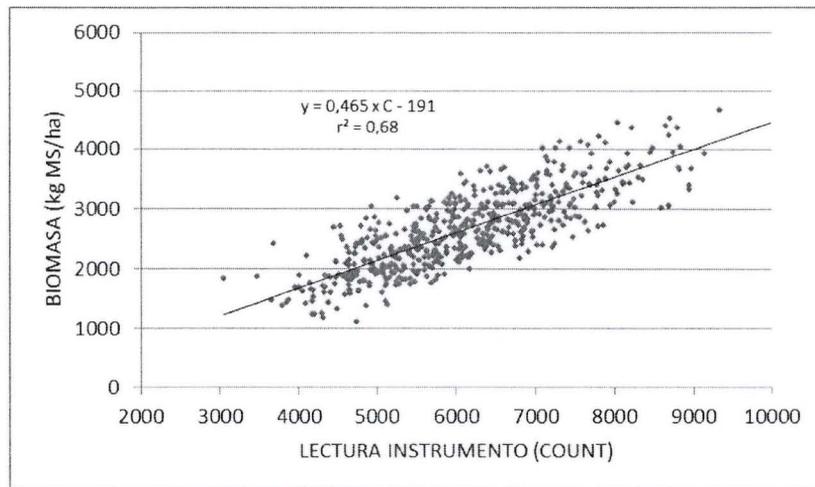


Curva de calibración para medidor de altura comprimida (plato): **Pradera Zona Húmeda, Verano.** (N=581).

Capacitómetro



Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Húmeda, Primavera.** (N=568).



Curva de calibración para capacitómetro (Grass Master): **Pradera Zona Húmeda, Verano.** (N=576).
